Das populäre Magazin für Astronomie und Raumfahrt

Spektrum DER WISSENSCHAFT

ASTRONOMIE HEUTE

SKY & TELESCOPE DEUTSCHE AUSGABE

WWW.ASTRONOMIE-HEUTE.DE

Juli / August
7-8 / 2005
€ 6,50 / sFr 12,50

UNTER BESCHUSS

Raumsonde Deep Impact bombardiert Komet

EXKLUSIV-DVD IM HEFT

15 Jahre Hubble:
Die Erfolgsgeschichte des Weltraumspähers

HUBBLE: Rettung durch neuen Nasa-Direktor? **PERSEIDEN:** Magische Meteore **MARS:** Die Missionen des nächsten Jahrzehnts **TESTREPORT:** Ein 20-Zentimeter-Teleskop für den Urlaub

60463

08
4 196046 306506

Sollte die hier eingeklebte DVD fehlen, so wenden Sie sich bitte unter Angabe Ihrer Adresse an den Leserservice (Tel.: 06221 9126-743) oder senden Sie eine E-Mail an: marketing@spektrum.com

Reinhard Breuer
Chefredakteur

Komet im Fadenkreuz

Mit dem Einschlag eines von Menschenhand gefertigten Projektils auf den Kometen 9P/Tempel 1 am – wie könnte es anders sein – amerikanischen Unabhängigkeitstag, dem 4. Juli, geht für viele Astronomen ein Traum in Erfüllung. Es ist wie bei einem Krimi: Kaum etwas verspricht mehr Einblicke in das Werden und Vergehen unseres Planetensystems als eine direkte Inspektion des Tatorts. Und spannend wie ein »Tatort« verspricht auch das Spektakel zu werden, wenn der über sieben Zentner schwere »Penetrator« mit 37 000 Kilometer pro Stunde auf den Kometenkörper trifft. Was passiert, wenn sich dabei schlagartig die Bewegungsenergie freisetzt, die fünf Tonnen TNT entspricht, wissen derzeit nur die Götter. Zahlreiche Großteleskope auf der Erde und im All werden den Showdown akribisch verfolgen (S. 24).

Herzlichen Glückwunsch zum 15. Geburtstag! Gemeint ist das Hubble-Weltraumteleskop, das vor 15 Jahren ins All startete. Gemessen an seinem Weltruhm darf man es inzwischen schon »ehrwürdig« nennen. Längst vergessen sind seine ursprüngliche Fehlsichtigkeit und die komplizierten und teuren Wartungsmissionen. Genau diese will sich die Nasa jetzt jedoch sparen und bringt mit den Plänen zum Abschalten des weltweit bekanntesten astronomischen Instruments Forscher und Fangemeinde des Weltraumteleskops gegen sich auf. Da hat der neue Nasa-Chef Michael Griffin gleich kräftig zu tun. Rund 300 Millionen US-Dollar stehen im Etat des kommenden Jahres zur Verfügung, um eine Raumfähre zu Hubble zu schicken, die den gesteuerten Absturz des Weltraumveteranen vorbereiten soll. Entwickelt sich die Verlässlichkeit der Shuttleflüge positiv, ist aber auch eine weitere Servicemission zur Verlängerung der Hubble-Lebenszeit nicht ausgeschlossen. Genaueres hierzu lesen Sie ab S. 12.

STSCI

Jubiläumsbilder Die Spiralgalaxie M 51 und der Adlernebel

Zusammen mit dem Planetarium Hamburg und unserem Schwestermagazin »Sterne und Weltraum« – haben wir dieser Ausgabe von ASTRONOMIE HEUTE eine Gratis-DVD beigelegt. Auf ihr ist die Geschichte des berühmten Weltraumteleskops verewigt, samt vieler seiner wissenschaftlichen Ergebnisse und toller Fotos zahlreicher Himmelsobjekte.

83 Minuten astronomisches und kosmologisches Filmvergnügen exklusiv für Sie, liebe Leserinnen und Leser!

INHALT

Astro News 8
Saturnmond Phoebe, Tickets für Raumflüge, Mosaik vom Titan u. a.

▶ **Hubble** 12
Teleskop in Not: Wird die Nasa Hubble retten?

Lost and Found 20
Wie Mars Global Surveyor nach verloren geglaubten Marssonden fahndet – und fündig wird

▶ **Deep Impact** 24
Am 4. Juli schlägt der Impaktor in den Kometen Tempel 1 ein

▶ **Perseiden** 32
Wann und wie Sie den Sternschnuppenregen beobachten können

▶ **Künftige Marsmissionen** 38
Wie Forscher dem Roten Planeten auf die Pelle rücken wollen

SKYLINE

Deep Sky 44
So finden Sie Tempel 1 vor und nach dem Deep Impact

Sterntafel 46
Der Nachthimmel in der Übersicht

Nahaufnahme 48
Das majestätische Sternbild Schwan

Südhimmel 50
Machen Sie mit uns einen Abstecher zu den Sternbildern des Südens

Planetarium 53
Drache und Skorpion ringen um die Gunst der Beobachter

Feldstechertipp 56
Tauchen Sie ein in den Lagunennebel M 8 im Schützen

SZENE

Newcomer 58
Ein Amateur übertrumpft die europäische Weltraumorganisation

Porträt 61
Hanna von Hoerner baut Staubsauger für das Weltall

Sternwarten 64
Die Astroszene in und um München

Die auf der Titelseite angekündigten Themen sind mit ▲ gekennzeichnet

Rettung? 12

Wenn die Shuttles wieder fliegen, will die Nasa das Hubble-Weltraumteleskop warten. Das Observatorium hat die Reparatur dringend nötig

TITEL 24

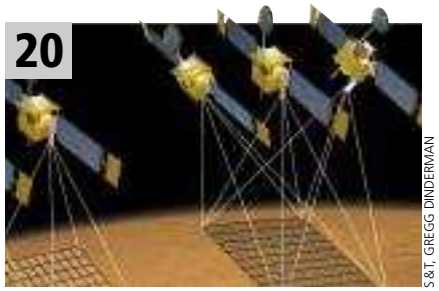
NASA, JPL / SAIC

Die Deep-Impact-Mission torpediert den Kometen 9P/Tempel 1 mit einem Sieben-Zentner-Geschoss. Lesen Sie, was passieren wird

Suche aus dem Orbit

20

Mit einem Trick haben Forscher jetzt mehrere Marssonden entdeckt – wahrscheinlich auch den 1999 verschollenen Mars Polar Lander



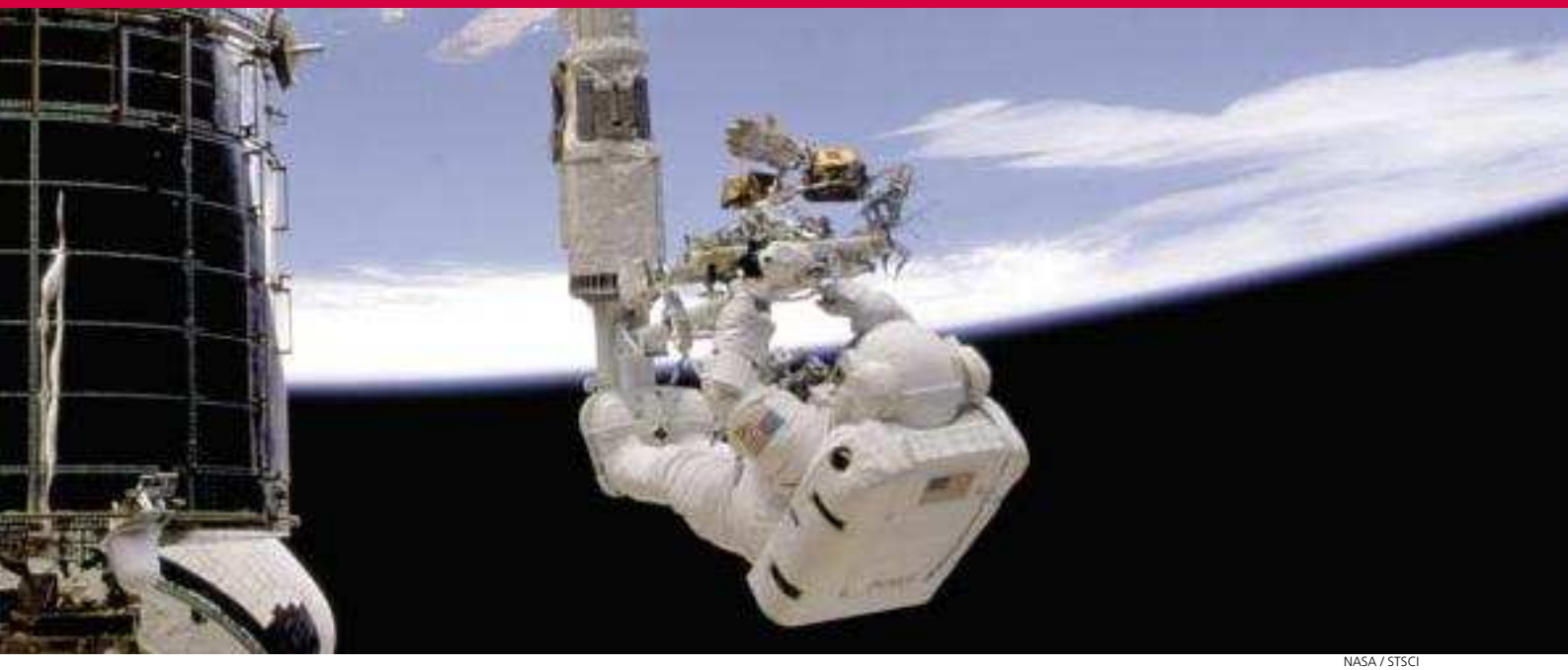
S & T, GREGG DINDERMAN

32

Magische Meteore

Im August kreuzt die Erde die Flugbahn des Kometen Swift-Tuttle und es regnet Sternschnuppen

JIMMY WESTLAKE



NASA / STSCI

38

NASA, JPL

Die Erkundung des Roten Planeten

Rund um den Globus tüfteln Planetenforscher schon emsig an den Missionen für das nächste Jahrzehnt

66

Große Leistung mit kleinem Gepäck

Ein handlicher Acht-Zoll-Reisedobson mit »Zollstock-Design« im ASTRONOMIE-HEUTE-Praxistest

STEFAN SEIP

75

S&T / RICHARD JAKIEL

Mit Papier und Bleistift

Himmelsobjekte abzuzeichnen bereitet meist viel Mühe. Unsere Tipps und Übungen helfen Ihnen, Ihre Fähigkeiten zu verbessern

TIPPS&TOOLS

Testreport 66
Der Reisedobson von Hofheim Instruments

Glanzlichter 70
Sonnenflecken und der Ringnebel

Astrofotografie 75
Nur Zeichnungen halten das fest, was Sie tatsächlich sehen

Neuheiten 78
Riesenfernglas, Spitzenteleskop und Filterschieber für heiße Beobachtungsnächte

Einsteigerecke 80
Wenn Weltuntergänge schief gehen

Bücher 82
Venusexkursion, Astronomie mit Suchtpotenzial u. a.

Screenshot 84
Mit Planet's Orbits Himmelskörper und Raumschiffe verfolgen

TV & Events 86

3 Editorial • 6 Leserbriefe / Leser fragen – Experten antworten • 88 Kleinanzeigen / Preisrätsel • 90 Vorschau / Impressum

Titelbild: Der Impaktor der Deep-Impact-Mission schlägt auf dem Kometen 9P/Tempel 1 ein. In 500 Kilometer Entfernung fliegt die Sonde vorbei (künstlerische Darstellung)
Bildnachweis: NASA, JPL / SAIC

ESO

Ist oben vorne und unten hinten? Diese VLT-Aufnahme von NGC 2613 lässt Staub und Spiralarme erkennen. Unten ist demnach vorne!

Hinten oder vorne?

Abbildungen schöner Spiralgalaxien berauschen mich (wenn sie nicht zu bunt sind). Bitte mehr davon. Ich habe jedoch folgendes Problem: Meistens bin ich mir nicht sicher, ob wir auf diese Systeme drauf- oder drunterblicken. Das gilt zum Beispiel für Galaxien wie M31 und M81. Oder genauer gesagt: Welche Kante ist uns näher und welche befindet sich »auf der anderen Seite«?

Alfred Lenz, Ratingen

Antwort der Redaktion:
Oft erkennt man die uns zugewandte Seite einer schräg im Weltraum liegenden Spiralgalaxie daran, dass die Struktur der Spiralarme deutlicher hervortritt. Auf der uns abgewandten Seite sind solche Einzelheiten meist verschwommener. Auch gut zu erkennende Staubbänder verraten häufig, welcher Teil einer Galaxie uns näher gelegen ist.

Bei weiter entfernten Galaxien, die nur als leuchtende Scheibchen erscheinen, hilft das allerdings nicht. In diesen Fällen lässt sich durch spektroskopische Messungen und mit Hilfe des Doppler-Effekts feststellen, welcher Bereich der Galaxie sich auf uns zu- und welcher sich von uns wegbewegt. Daraus kann man dann erschließen, welcher Teil auf uns zu zeigt.

Die Frage nach der Ober- oder Unterseite ist nur über die Rotationsrichtung – also den Drehimpuls – definierbar, da es im Universum kein festgelegtes »Oben« oder »Unten« gibt.

Unscharfe Bilder

Lesebriefantwort AH 6/2005, S. 6

Besten Dank an Herrn Stefan Seip für seine Tipps zum Thema Digitalkamera am Teleskop. Auch der Bericht im Mai-Heft (AH 5/2005, S. 60) hat mir sehr geholfen. Ich wäre mit Sicherheit nicht darauf gekommen, die Kamera manuell auf unendlich zu stellen und mit dem Okularauszug zu fokussieren.

Jörg Goldhofer, Holzkirchen

Bescheidene Möglichkeiten

»Mond und Planeten als Motiv« AH 5/2005, S. 60

Mit großer Erwartung habe ich Ihren Bericht über Astrofotografie gelesen. Mond und Planeten sind tatsächlich interessante Motive, wenn das Wörtchen »wenn« nicht wäre. Und zu diesem Thema lese ich in dem ansonsten recht gut geschriebenen Artikel leider nichts. Es klingt gerade so, als hätte jeder der Autoren auf Anhieb sein Idealteleskop gefunden, das ad hoc und ohne dabei Schwierigkeiten zu machen all jene Voraussetzungen erfüllt, die an das Gerät gestellt werden. Ich gelangte leider nur zu einem bescheidenen Teleskop.

Verwendet man dieses Gerät ausschließlich für Beobachtungen, funktioniert es an sich problemlos. Will man aber damit fotografieren, wird das Gewicht der Kamera und des benötigten Zubehörs zum Problem. Alles, was ich mit dem Tubus verbinde, macht ihn auf der Seite des Betrachters noch schwerer und das Gerät sackt auf dieser Seite förmlich durch. Hinzu kommt das Gewackel. Die Schwingungen, die beim Anstoßen entstehen, fallen dank des Kameragewichts noch heftiger aus. Die Lösung des Problems wäre der Kauf einer neuen Montierung, die ein höheres Gewicht verträgt, ein besseres Stativ und so weiter. Dann wird es aber richtig teuer. Das alles fehlt in dem Bericht von Alan Dyer. Es muss jedoch gesagt werden, damit die Astro-Lust nicht schnell zum Astro-Frust wird.

Hans-Georg Bartel, Berlin

Schwere Elemente

»Wie der Mond zu seinem Gesicht kam«
AH 3/2005, S. 16

In dem Artikel lese ich »sie enthielten kaum schwere Elemente wie Eisen und Magnesium« und im folgenden Satz werden Kalzium und Aluminium als leichte Metalle bezeichnet. Nun ist Magnesium aber deutlich leichter als Kalzium und auch noch etwas leichter als Aluminium. Was ist da im Text gemeint?

Dr. Manfred Bühner, Zell am Main

Antwort des Autors Markus Landgraf:
In der Tat ist Magnesium ein leichtes Metall. Eisen- und Magnesiumsilikate bilden jedoch oft gemeinsame Mineralien wie Olivin oder Pyroxin. Diese kommen in der Erdkruste deutlich häufiger vor als in der Kruste des Monds. Im Mittel sind diese Minerale wegen ihres Eisengehalts schwerer als das Anorthosit, obwohl dessen Hauptmetalle Aluminium und Kalzium etwas schwerer als Magnesium sind. Vielleicht wäre es weniger verwirrend gewesen, wenn ich mich nur auf das Eisen bezogen hätte.

Briefe an die Redaktion …

… sind willkommen!

Schreiben Sie an:
ASTRONOMIE HEUTE
Postfach 10 48 40
D-69038 Heidelberg
Fax: 06221 9126-769
E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de

Wir behalten uns vor, Leserbriefe gekürzt zu veröffentlichen.

»Leser fragen – Experten antworten«

Die Sterne der ersten Sterngeneration nach dem Urknall waren im Durchschnitt massereicher als die heutigen. Daher müssten sie das Raumzeitkontinuum stärker gekrümmt haben. Ist deshalb die Zeit in dieser Epoche langsamer verlaufen als heute?
Axel Glagoleff, per E-Mail

Die Frage zielt auf eine absolute Zeit ab, die in der Nähe von schweren, kurz nach dem Urknall entstandenen ersten Sternen anders verlaufen sein soll als weit weg davon. Die Antwort darauf liefert die Relativitätstheorie. Sie entlarvt die Frage als nicht sinnvoll, denn eine absolute Zeit gibt es nicht.

Jedes Bezugssystem hat seine eigene Zeit. Diese wird immer mit einer lokalen Uhr gemessen, zum Beispiel mit einer Armbanduhr oder einem Wecker. Es gibt jedoch keine Armbanduhr, die für den gesamten Kosmos gültig ist, sondern jeder Punkt im Universum hat sozusagen seine eigene Uhr und damit auch seine eigene Zeit.

Allerdings ist richtig: Schwere Massen krümmen den Raum. Es stimmt auch, dass sich der Verlauf der Zeit an einer bestimmten Stelle im All verändert, wenn an diesem Ort und damit in der Nähe einer lokalen Uhr eine Masse existiert. Ein Vergleich von Uhren, die sich im ungekrümmten oder weniger stark gekrümmten Raum befinden, mit Uhren, die die Zeit im gekrümmten Raum um sehr schwere Objekte messen, zeigt, dass die Uhren in der Nähe von kompakten Objekten und damit an speziellen Orten tatsächlich langsamer gehen. Na und? Dies ist und bleibt ein lokales Phänomen.

Im Übrigen gibt es im Kosmos auch heute jede Menge sehr schwerer Sterne bis hin zu Schwarzen Löchern und Neutronensternen. Wäre die Vorstellung von einer absoluten Zeit richtig, dann müsste die Zeit, die es als absolute Größe nicht gibt, auch heute anders gehen. Das tut sie aber nicht. »Die einzigen Zeiten, die ständig besser werden, sind die von Sportlern« (Werner Schneyder). **>> Harald Lesch**

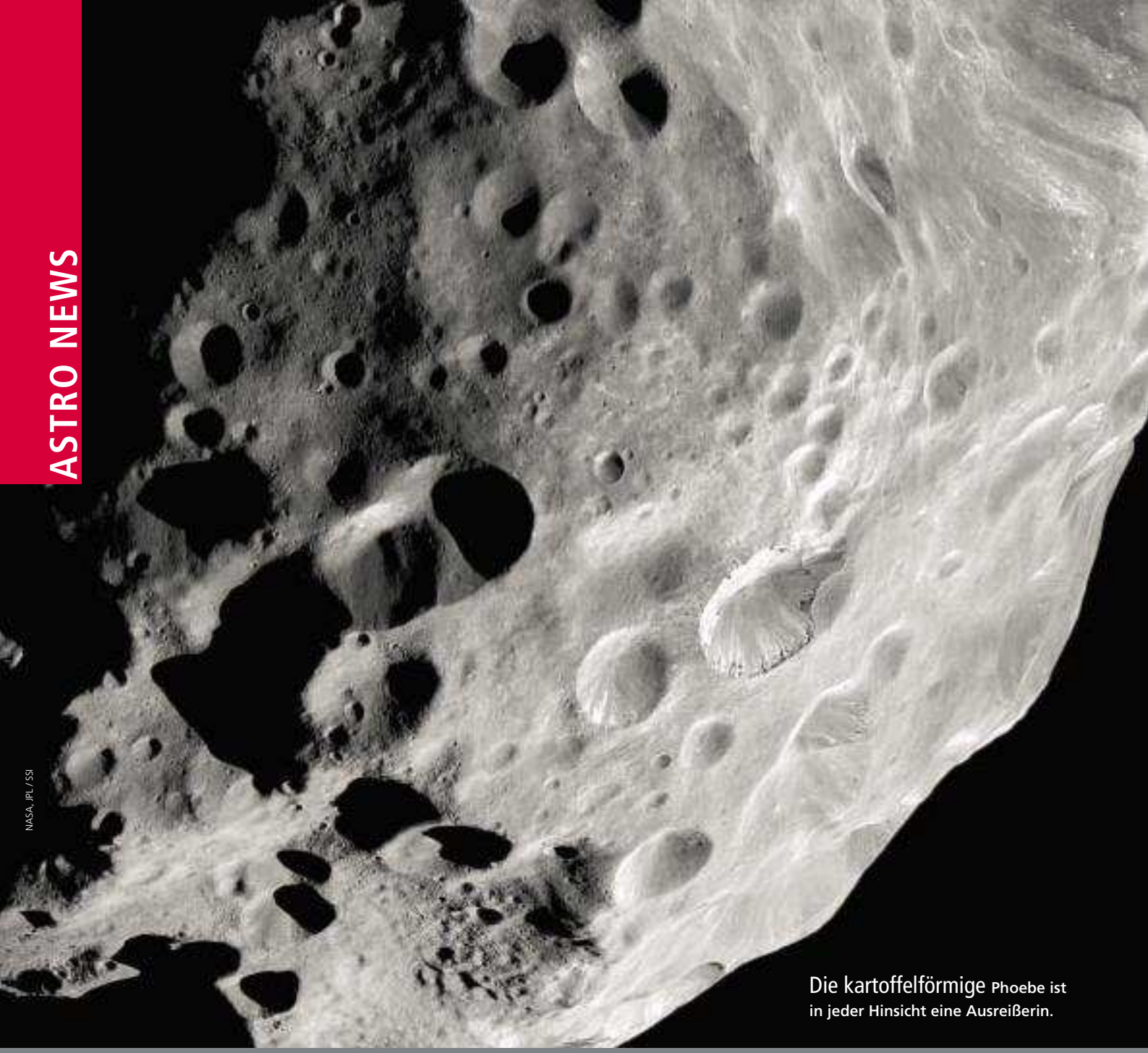
Der Autor ist Professor für theoretische Astrophysik an der Universität München und moderiert die Sendung Alpha Centauri im Bayerischen Rundfunk.

ESO

Große und kleine Sterne wirken sich nur lokal unterschiedlich auf die Zeit aus.

Senden Sie uns Ihre Fragen zu Astronomie und Raumfahrt! Wir bitten Experten um kompetente Antworten und stellen die interessantesten Beiträge vor.

ANZEIGE



NASA, JPL / SSI

Die kartoffelförmige Phoebe ist in jeder Hinsicht eine Ausreißerin.

CASSINI I

Die lange Reise des Saturnmonds Phoebe

Saturns Mond Phoebe stammt offenbar aus dem Kuipergürtel – und ist damit ein Exot unter den Trabanten des Ringplaneten. Zu dieser Erkenntnis gelangte ein Team um Roger Clark vom United States Geological Survey nach der Auswertung von Daten der Raumsonde Cassini. Offenbar hat Saturn den kartoffelförmigen, gut hundert Kilometer großen Trabanten eingefangen. Phoebes Zusammensetzung jedenfalls verrät, dass sie nicht an der gleichen Stelle entstand wie Saturn und die meisten seiner anderen Monde.

Mineralogisch ähnelt sie vielmehr den Kometen. Sie entstand vermutlich weit draußen im Sonnensystem – höchstwahrscheinlich im Kuipergürtel jenseits von Neptun und Pluto.

Phoebe besteht hauptsächlich aus Wassereis, das mit Kohlendioxid, hydratisierten Mineralen und anderen, noch unbekannten Verbindungen gemischt ist. Auch Kohlenwasserstoffmoleküle zeigten sich in den Spektren. Insgesamt fanden die Forscher weit mehr unterschiedliche chemische Elemente und Moleküle als vorher vermutet.

Phoebe ist in jeder Hinsicht eine Ausreißerin unter Saturns Trabanten: Ihre Umlaufbahn ist stark gegen den Äquator des Saturns geneigt, und sie umkreist den Planeten entgegen der Richtung der anderen Monde. Außerdem ist ihre Eigenrotation gegenläufig zu der des Planeten und zu dessen Umlaufbahn um die Sonne.

RÖNTGENTELESKOPE

Heiße Pole

Mit Hilfe des europäischen Röntgenteleskops XMM-Newton haben Astronomen zum ersten Mal rotierende Hot Spots auf der Oberfläche von drei Neutronensternen beobachtet. Die Regionen auf den 500 bis 2000 Lichtjahre entfernten und nur wenige Kilometer großen Objekten finden sich an den Polen der Pulsare. Die kleinen Flecken erreichen nur Fußballfeld- bis Golfplatzgröße.

Die Forscher um Andrea de Luca vom Istituto di Astrofisica Spaziale e Fisica Cosmica in Mailand vermuten, dass sich die Polregionen solcher Neutronensterne aufheizen, weil dort entlang den Magnetfeldlinien stark beschleunigte Teilchen auf die Oberfläche treffen. Rätselhaft ist noch, warum die Hot Spots der drei untereinander ähnlichen Neutronensterne so verschieden groß sind.

Bei Neutronensternen handelt es sich um dichte, Millionen Grad heiße und schnell drehende Überreste der Explosion eines Sterns mit anderthalb bis dreifacher Sonnenmasse. Beim Kollaps des Sternkerns lösen sich die Atomkerne auf und werden zu suprafluider Neutronenmaterie. Um solche Dichten zu erreichen, müsste man die Sonne auf die Größe einer Kleinstadt komprimieren.

MARS EXPRESS

Erste Radarantenne entfaltet

Die europäische Sonde Mars Express, die seit gut einem Jahr um den Roten Planeten kreist, hat die erste von drei Marsis-Radarantennen erfolgreich ausgeklappt. Im Lauf des Manövers traten allerdings Komplikationen auf.

Beim Ausfahren der Antenne am 4. Mai rasteten nur zwölf von dreizehn Segmenten wie vorgesehen ein. Das verbleibende Segment machte Probleme, vermutlich weil das Fiberglas durch die lange Zeit in der Kälte des Kosmos gelitten hatte. Die verantwortlichen Ingenieure entschieden, die Sonde so zur Sonne zu drehen, dass diese das fehlerhafte Teil bescheinen und aufheizen konnte. Dies war offenbar von Erfolg gekrönt: Eine Datenanalyse ergab eine Stunde später, dass nunmehr alle Segmente am richtigen Platz und verriegelt waren.

Marsis verfügt über drei Antennen, die aus Fiberglas-Segmenten bestehen und im Weltall entfaltet werden müssen. Zwei von ihnen sind jeweils zwanzig Meter lang, die dritte sieben Meter. Die Ingenieure haben mit dem Ausfahren bis zum Ende der meisten anderen Experimente gewartet, weil die Gefahr bestand, dass die Raumsonde dabei in Schwingungen geraten und instabil werden könnte. Im Juni soll mit der Entfaltung der zweiten und dritten Antenne fortgefahren werden. Die Operation wird vom Esoc-Kontrollzentrum in Darmstadt überwacht.

Das Marsis-Radar wurde speziell dafür konstruiert, nach Wasser und Eis im Marsboden zu suchen. Die Radarsignale dringen in Abhängigkeit von ihrer Wellenlänge in den Marsuntergrund und werden an geologischen Grenzflächen reflektiert. Aus der Stärke des Echos kann auf die Beschaffenheit der Schicht geschlossen werden – und darauf, ob in ihr Wasser oder Eis enthalten ist.

Seit einem Jahr **kreist Mars Express um den Roten Planeten – und zwar weit gehend problemlos. Jetzt hoffen die Forscher, dass sich auch die Marsis-Antennen entfalten.**

ESA

WELTRAUMTOURISMUS

Teurer Spaß

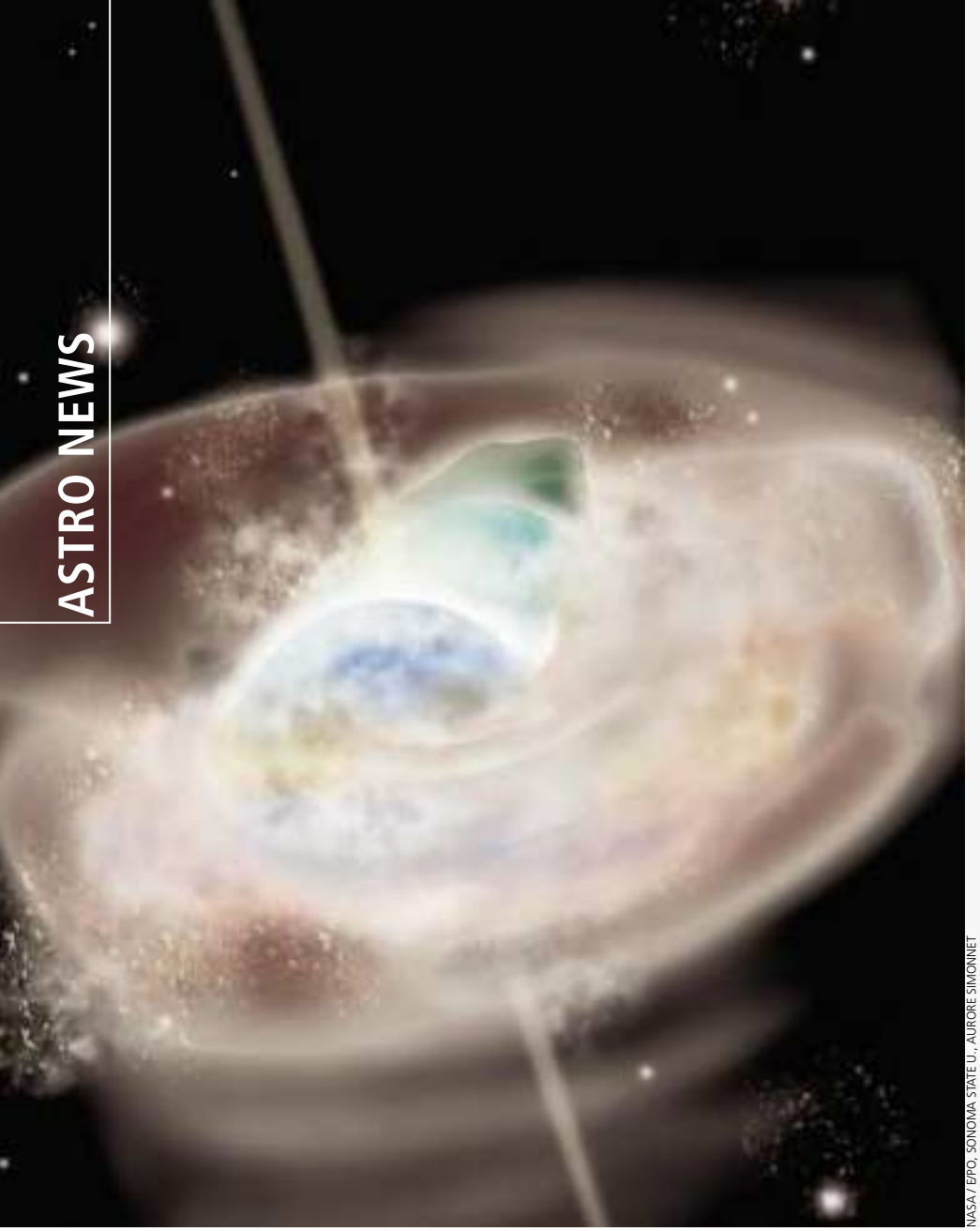
Die zivile Raumfahrt ist noch nicht über das Versuchsstadium hinaus, da können schon die ersten Flüge in eine Erdumlaufbahn gebucht werden. Wie die private Firma Aera Corporation – Hersteller der Altarisrakete – bekannt gab, will sie schon Ende nächsten Jahres eine zivile Crew in den Weltraum schicken. Der Ticketverkauf hat bereits begonnen.

AERA CORPORATION

Wer Ende 2006 **beim Erstflug der Altarisrakete dabei sein will, muss 250 000 Dollar locker machen.**

Aera Corporation hat zwar noch nie einen Raumflug durchgeführt, besitzt aber die vertragliche Zusicherung, sämtliche Einrichtungen des Weltraumbahnhofs Cape Canaveral benutzen zu dürfen. Das Unternehmen plant, mit dem Testprogramm der Altarisrakete im August 2006 zu beginnen und bereits im Dezember zum kommerziellen Flugprogramm überzugehen. Das Raumfahrzeug verfügt über sechs Passagiersitze, der Ticketpreis für den Erstflug wurde auf 250 000 Dollar festgelegt. Die weiteren Flüge sollen etwa 150 000 Dollar pro Karte kosten.

Altaris wird senkrecht starten und waagerecht wie ein Flugzeug landen. Die Rakete soll auf 128 Kilometer Höhe aufsteigen, den Passagieren einige Minuten Schwerelosigkeit bescheren und anschließend mit Fallschirmunterstützung niedergehen. Im Ticketpreis ist ein einwöchiges Raumfahrttraining inbegriffen.



NASA / E/PO, SONOMA STATE U., AURORE SIMONNET

SCHWARZE LÖCHER

Geburt gesehen

Mit dem europäisch-amerikanischen Satelliten Swift ist es womöglich erstmals gelungen, die Geburt eines Schwarzen Lochs zu beobachten. Nach Angaben von Neil Gehrels vom Goddard Space Flight Center wurde am 9. Mai ein extrem kurzer Blitz intensiver Gammastrahlung gemessen, der vom Zusammenstoß zweier Neutronensterne oder älterer Schwarzer Löcher stammen könnte.

Der energiereiche Gammastrahlenausbruch währte nur fünfzig Millisekunden und hatte seinen Ursprung offenbar in einer 2,6 Milliarden Lichtjahre entfernten Galaxie. Dass er Folge der Kollision von Neutronensternen oder Schwarzen Löchern war, schließen die Forscher zum einen aus der Kürze des Ausbruchs, der gegen einen »normalen« Gamma-Ray Burst bei einer Supernova spricht. Zum anderen kreisen in jenem System überwiegend sehr alte Sterne. Dementsprechend hoch dürfte hier die Zahl der Neutronensterne und Schwarzen Löcher sein, die infolge von Supernovae entstehen.

Bei der Kollision wurde ein fünfzig Millisekunden dauernder Gammastrahl ausgesendet.

CASSINI II

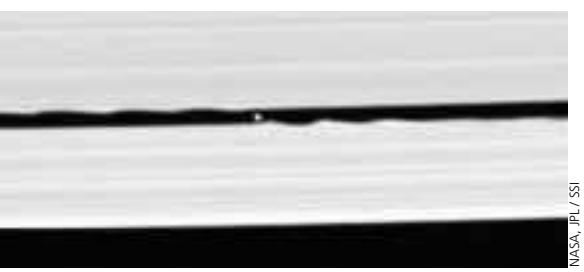
Winziger Saturnmond schlägt Wellen

Der Verdacht bestand schon länger, jetzt hat sich auf Bildern der Nasa-Sonde Cassini bestätigt: Im A-Ring des Saturns verbirgt sich ein kleiner Mond, der Wellen in die umliegenden Ringe aus Eis und Staub schlägt.

Das Objekt durchmisst etwa sieben Kilometer und umkreist den Saturn in der Keelerlücke, ungefähr 136 500 Kilometer vom Planeten entfernt. Dort beeinflusst es mit seinem Schwerefeld die Eispartikel in den nächstliegenden Ringen. Die Astronomen um Carolyn Porco vom Space Science Institute gaben ihm provisorisch den Namen S/2005 S1.

S/2005 S1 ist neben Pan der einzige bekannte Mond, der Saturn innerhalb seines Hauptringsystems umkreist. Die anderen 46 bisher entdeckten Trabanten haben ihre Orbits außerhalb. Porco und ihr Team vermuten aber, dass noch weitere Monde in den Lücken des Ringsystems eingebettet sind.

Die Wissenschaftler hatten die Existenz des kleinen Trabanten schon vorhergesagt, nachdem sie im vergangenen Juli eine Reihe seltsam spitzer und dünner Strukturen am äußeren Rand der Keelerlücke fotografiert hatten, die den vom Pan verursachten Verwerfungen ähnelten. Seinerzeit hatten die Wissenschaftler aus der Größe der Wellen in der Encketeilung die Masse Pans abgeschätzt. Nun wollen sie auf die gleiche Weise auch den neuen Mond »wiegen«.



NASA, JPL / SSI

Noch hat S/2005 S1 keinen richtigen Namen. Doch Wellen schlägt der nur etwa sieben Kilometer große Saturnmond bereits.

EXTRASOLARE PLANETEN

Erster Erfolg von Deutschland aus

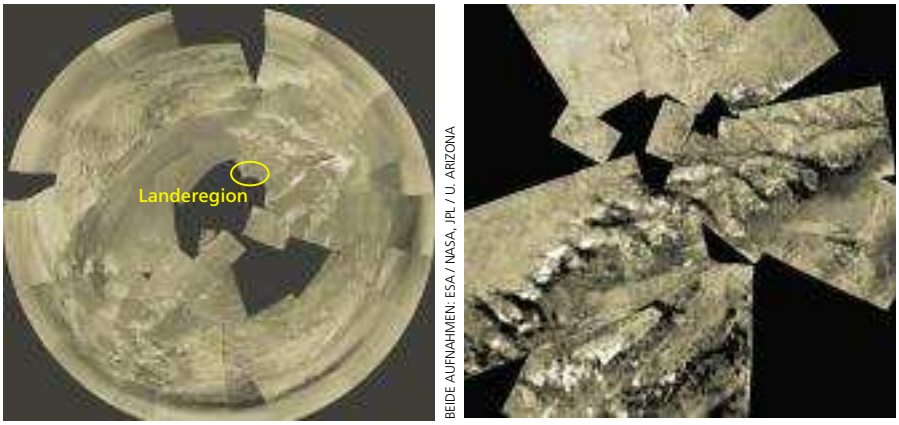
Zum ersten Mal haben Forscher von Deutschland aus einen extrasolaren Planeten nachgewiesen. Artie Hatzes von der Thüringer Landessternwarte Tautenburg und seine Kollegen haben HD 13189 mit Hilfe der Radialgeschwindigkeitsmethode entdeckt. Anhand winziger Dopplerschwankungen konnten sie feststellen, dass der Planet an seinem Stern »zerrt«.

Seine Masse ist etwa zwei- bis siebenmal größer als die Masse unserer Sonne. Er könnte somit das größte Gestirn sein, von dem bisher bekannt ist, dass um ihn Planeten kreisen. HD 13189 ist etwa 6000 Lichtjahre von der Erde entfernt. Die genaue Masse und die genaue Entfernung lassen sich aber nicht exakt berechnen.

Sein planetarer Begleiter benötigt 472 Tage, bis er sein Heimatgestirn einmal umrundet hat. Die Masse des Planeten liegt zwischen acht und zwanzig Jupitermassen.

HUYGENS

Neue Bilder vom Titan



BEIDE AUFNAHMEN: ESA / NASA, JPL / U. ARIZONA

Der Landeanflug von Huygens in stereografischer (links) und gnomischer (rechts) Sicht.

Forscher haben sämtliche Bilder des Descent Imager Spectral Radiometer an Bord von Huygens zu einem Mosaik zusammengefügt. Sie entstanden in etwa zwanzig Kilometer Höhe während des Abstiegs der europäischen Sonde auf den Saturnmond Titan. Da Huygens während der Aufnahmen, an ihrem Fallschirm hängend, rotierte, überlappen sich diese teilweise.

Indem die Forscher die Bilder mit verschiedenen Projektionsmethoden zusammensetzten, konnten bestimmte Strukturen herausgehoben werden. Die stereografische Ansicht ähnelt der Aufnahme mit einem Fischaugenobjektiv, während die gnomische Projektion eher aussieht wie eine flache Landkarte. Auf der stereografischen Darstellung sind helle Flächen zu erkennen, die höher liegen als ihre dunkle Umgebung. Bei den schwarzen Linien scheint es sich um Kanäle zu handeln, die an küstenähnlichen Strukturen enden. Sie könnten von flüssigen Methanströmen zeugen.

Auf der gnomischen Ansicht zieht sich von links unten nach rechts oben ein Grat aus Eis durch ein dunkles Flussbett. Womöglich staute er den Strom von Westen her, sodass sich im Nordwesten schwarzes Material ablagern konnte.

Mitarbeiterin dieser Rubrik:
Carolin Konermann

Aktuelle Meldungen aus Astronomie und Raumfahrt finden Sie auch unter: www.wissenschaft-online.de/astronomie

ANZEIGE

DIE HUBBLE-KRISE: RETTUNG IN SICHT?

Das Hubble-Teleskop kämpft um sein Leben. Nach vielem Auf und Ab hat es jetzt im neuen Nasa-Chef einen starken Fürsprecher. **>> Colin Burgess und Carolin Konermann**

Hunderte von Kilometern in der Höhe umkreist eine der überragendsten wissenschaftlichen Meisterleistungen, die die Menschheit je erdacht hat, die Erde. Das Instrument hat unser Verständnis vom Kosmos revolutioniert und den Astronomen Studien ermöglicht, von denen sie vorher nur träumen konnten. Klar – es geht um das Hubble-Weltraumteleskop (HST). Obwohl das Observatorium seine Bahnen weit oberhalb der Wolkendecke zieht, haben sich dunkle Wolken davor geschoben. Es scheint dazu verdammt, überkritischen Sicherheitsvorgaben und Etatkürzungen zum Opfer zu fallen.

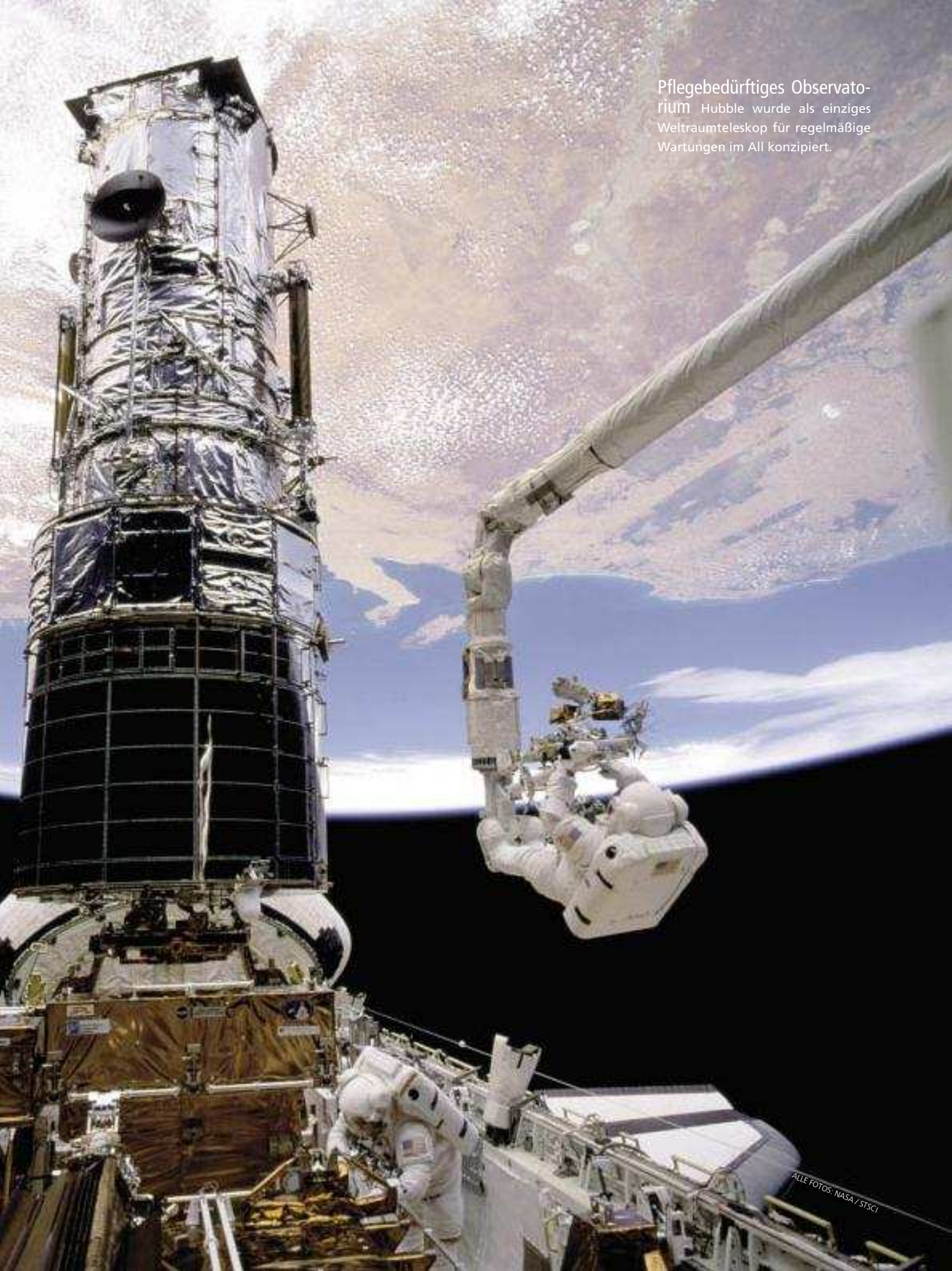
Hubble war als erstes Satellitenteleskop dafür ausgerichtet, innerhalb seiner Umlaufbahn durch Wartungsmissionen regelmäßig mit neuer Technik nachgerüstet zu werden. Dank diesem Konzept ließ sich seine Lebensdauer weit über die eines normalen Orbital-Observatoriums hinaus erweitern. Doch am 16. Januar 2004 verkündete die Nasa plötzlich, sie werde die dringend nötigen Reparaturmaßnahmen streichen – zu Gunsten anderer Missionen. Seitdem hängt das Projekt Hubble in der Schwebe.

Verjüngungskur durch SM4

Bis 2002 hatte die Nasa vier erfolgreiche Reparaturmissionen zum HST durchgeführt, wobei die dritte in zwei separate Shuttleflüge, 3A und 3B, gesplittet wurde. Zu dieser Zeit ging man davon aus, dass das Teleskop möglicherweise bis zum Jahr 2007 ohne weitere Reparaturen und Erweiterungen auskommen könnte. Dann aber würde es neue Batterien und Lagekontrollkreisel (Gyroskope) benötigen.

Also schmiedeten die Verantwortlichen Pläne für eine fünfte Servicemission unter dem Namen SM4, bei der das Teleskop eine umfassende Verjüngungkur inklusive verschiedener Verbesserungen erfahren sollte. SM4-Astronauten sollten auf einem Weltraumspaziergang die ursprünglichen Batterien des Teleskops und die defekten Gyroskope auswechseln, neue Instrumente installieren und veraltete Systeme ersetzen. Darunter sind Sensoren, ein Kühlsystem und eine neue Schicht für die Außenhaut. Die Astronauten würden außerdem den neuen Cosmic Origins Spectrograph sowie die Wide-Field-Kamera 3 montieren. All dieses sündhaft teure Equipment im Gesamtwert von rund zweihundert Millionen Dollar steht seit geraumer Zeit in einer Lagerhalle bereit.

Der Wartungsflug sollte 2005 stattfinden, doch wegen des Flugstopps nach dem Verlust des Shuttles Columbia verlegte die Nasa ihn vorerst provisorisch auf 2006. Dann, fast ohne Vorwarnung, erklärte der damalige Nasa-Administrator Sean O'Keefe am 16. Januar 2004, die Weltraumbehörde werde SM4 streichen. Als Gründe nannte er Sicherheitsbedenken im Zusammenhang mit der vorangegangenen Tragödie. Das mag manchem als eine seltsame Entscheidung vorgekommen sein, da ein Flug zu Hubble nicht gefährlicher einzustufen war – vielleicht sogar noch weniger gefährlich – als einer zur ISS. >



Pflegebedürftiges Observatorium Hubble wurde als einziges Weltraumteleskop für regelmäßige Wartungen im All konzipiert.

ALLE FOTOS: NASA / STSCI

So groß wie Telefonzellen sind einige der Geräte, mit denen die Astronauten vergangener Missionen das HST in der Schwerelosigkeit aufstockten.

> Das Einzige, was Hubble im Gegensatz zur ISS nicht bieten konnte, war eine Rückzugsmöglichkeit im Fall einer Panne mit dem Shuttle. O'Keefe sagte, seine Entscheidung sei nur haarscharf gegen SM4 ausgefallen, aber Sicherheitsmaßnahmen gingen nun einmal vor. Doch war das der wahre Grund?

Zum Mond, zum Mars – aber nicht zu Hubble

Kurz vor O'Keefes dramatischer Erklärung hatte US-Präsident George W. Bush in einer Rede im Nasa-Hauptquartier in Washington eine kühne neue Initiative vorgestellt: Amerikanische Astronauten sollten wieder zum Mond fliegen und später weiter zum Mars. Das würde erhebliche Kosten verursachen, und dies schien letzten Endes als hauptsächlicher Faktor in die Entscheidung gegen Hubble eingegangen zu sein.

Außerdem war die Nasa verpflichtet, bis 2010 die ISS fertig zu stellen. Danach, hatte die Agentur beschlossen, sollten die übrigen Spaceshuttles aus dem Dienst genommen werden. Das bedeutete bis dahin einen engen Zeitplan. Jede »Ablenkung«, wie eben die Reparaturmission für Hubble, würde den Bau der ISS verzögern und mit zusätzlichen Kosten zu Buche schlagen, die sonst dem neuen Mondprogramm zugute kommen könnten.

Auf O'Keefes Erklärung reagierten Astronomen und außen Stehende mit Empörung, woraufhin die Nasa schleunigst eine weitere Pressekonferenz anberaumte. Darin versuchte der Astronaut John Grunsfeld, den Medien Rede und Antwort zu stehen. Grunsfeld hatte zwei der Hubble-Reparaturmissionen geflogen, er war also bestens qualifiziert, für die Nasa zu sprechen.

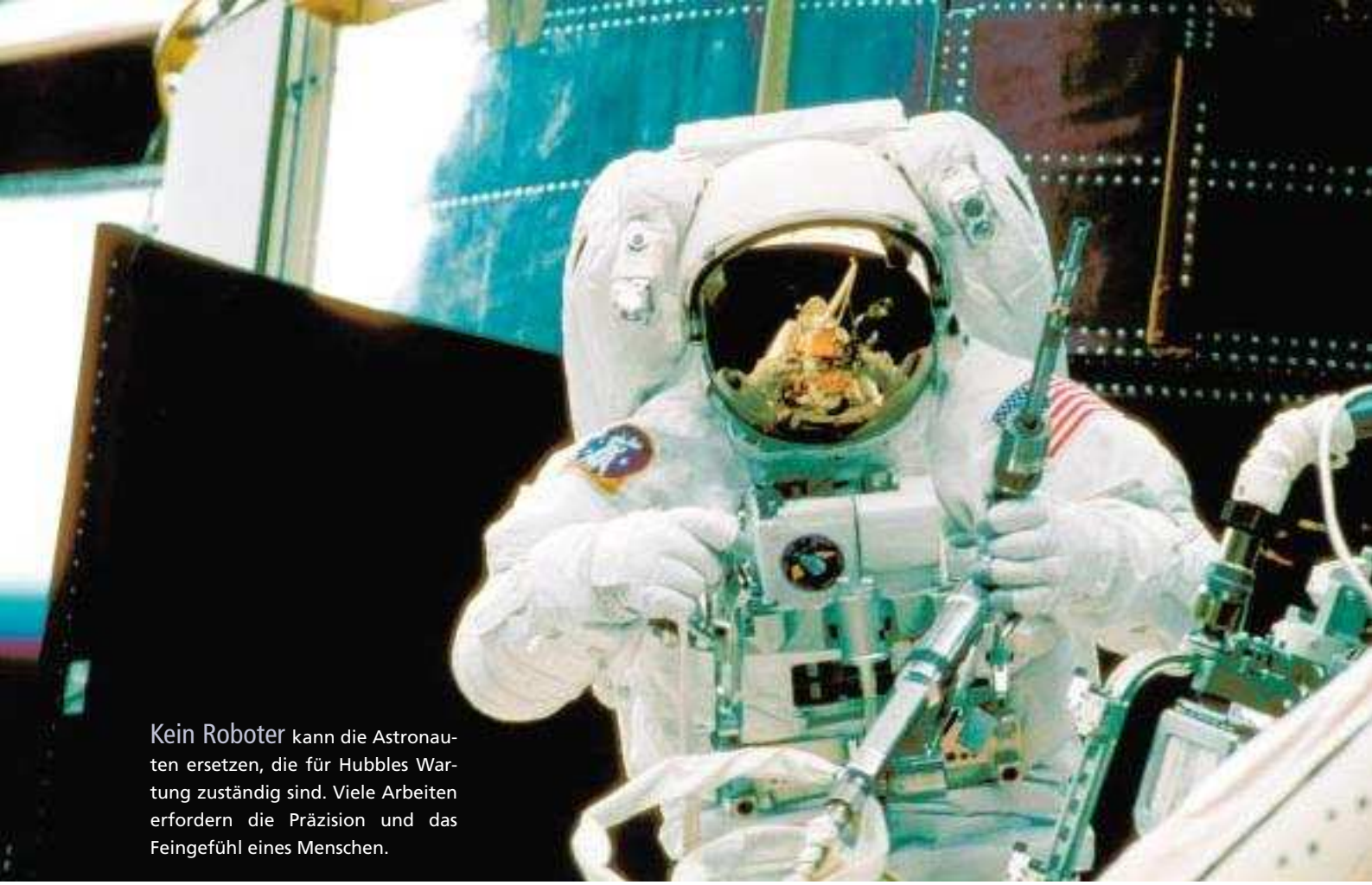
Er wies darauf hin, dass die Entscheidung auf Grund von Sicherheitsregeln gefallen war, die das »Columbia Accident Investigation Board« nach der Katastrophe aufgestellt hatte. Diese Experten hatten die Nasa angewiesen, jegliche Shuttleflüge außer denen zur ISS zu verschieben. Jede Besatzung sollte künftig in der Lage sein, selbst Notfallreparaturen an den Hitzekacheln durchzuführen. Daneben bestimmten die neuen Richtlinien, dass ein zweiter Shuttle bereitstehen und im Notfall der Crew zu Hilfe eilen müsse.

William F. Readdy, ein zweiter Astronaut und Nasa-Beamter, versuchte die Position der Weltraumagentur zusammenzufassen. »Den Ausschlag gab nicht ein einzelner Faktor«, erklärte er. »Der zusätzliche Zeitdruck daraus, einen Rettungsshuttle für die Hubble-Servicemission auf die Beine zu stellen, hat die Entscheidung ebenso beeinflusst wie die Vorstellung eines noch nicht erprobten freien Transfers der Crew durch den Weltraum von einem Orbiter zum anderen.«

Hubble-Befürworter fanden jedoch bedenklich, in welch unmäßigem Tempo die Entscheidung vom Zaun gebrochen wurde, das Teleskop aufzugeben. Schließlich verkündete O'Keefe diese gerade einmal zwei Tage, nachdem Bush sich zur bemannten Raumfahrt geäußert hatte. Mit Sicherheit steckten weniger sicherheitstechnische als vielmehr finanzielle Überlegungen dahinter.

Für Roboter nicht geeignet

Die Protestwelle durch Öffentlichkeit und Forschergemeinde, die auf die Absage für SM4 folgte, erwischte die Nasa eiskalt. Ziemlich bald waren einflussreiche Politiker alarmiert: Sie riefen nach Erklärungen und forderten die Weltraumbehörde auf, ihre Entscheidung dringend zu überdenken. Derart unter Druck gesetzt, gab diese beim Raketenhersteller Lockheed Martin und der kanadischen Firma MacDo-



Kein Roboter kann die Astronauten ersetzen, die für Hubbles Wartung zuständig sind. Viele Arbeiten erfordern die Präzision und das Feingefühl eines Menschen.

nald Dettweiler eine »potenzielle Lösung für robotische Reparaturarbeiten« in Auftrag, um Hubbles Überleben noch einmal zu sichern. Dabei ging es auch um den Einbau eines De-Orbit-Moduls, das Hubble später zu einer sicheren Landung im Ozean verhelfen würde.

Dies gab Sean O'Keefe am 1. Juni 2004 bei einem Treffen der Amerikanischen Astronomischen Gesellschaft AAS bekannt, bei dem Astronomen aus der ganzen Welt zugegen waren: »In der gleichen Zuversicht, die Hubbles erste Reparaturmissionen vorangetrieben hat, freue ich mich, Sie zu informieren, dass die Nasa heute eine Ausschreibung für eine robotergesteuerte Hubble-Reparaturmission veröffentlicht.«

Anschließend erklärte er, dabei seien Methoden in ansteigender Komplexität gefragt. Nämlich folgende: Hubble sicher aus dem Orbit zu entfernen, das Teleskop durch neue Batterien und Gyroskope länger nutzbar zu machen, und als Letztes, neue wissenschaftliche Instrumente zu installieren. Die Ausschreibung laufe bis zum 16. Juli 2004. »Wir suchen nicht autonome, sondern Teleroboter«, fügte der Nasa-Chef hinzu. »Wenn diese Mission beginnt, werden es immer noch Menschen sein, die Hubble reparieren.« Das war natürlich reine Rhetorik – denn diese Menschen würden in einem Kontrollzentrum auf der Erde sitzen.

Zur gleichen Zeit veröffentlichte die Nationale Akademie der Wissenschaften (NAS) einen von der Nasa in Auftrag gegebenen Report, der zu dem Schluss kam, dass eine bemannte Shuttlemission wesentlich höhere Aussicht auf Erfolg hätte als eine per Roboter. Außerdem ließe sie sich schneller und billiger ausführen. Ein zweites Komitee, das sich auf Betreiben des Kongresses zusammengeschlossen hatte, kam zu dem gleichen Ergebnis.

Obwohl der Nasa mit ihren robotischen Aufklärern immer gut gedient war – historisch gesehen sind sie das Standbein der zahlreichen Programme zum Mars und zu anderen Planeten –, erfordern einige Missionen schlicht und einfach menschliche Präsenz. Hubble ist und bleibt eine davon.

Viele Ideen, keine Lösung

Mag es auch im Kongress, bei den Astronomen und in der breiten Öffentlichkeit scharfen Protest gegen die Abkehr der Nasa von Hubble gegeben haben – das neue Budget sah kein Geld für die Reparatur des angeschlagenen Teleskops vor. Mit dem Betrag, der Hubble zugewiesen war, sollte es nur aus der Umlaufbahn geholt werden.

Doch Hubbles zahlreiche Unterstützer waren nicht willens, kampflos aufzugeben. Sie suchten nach Alternativen, um das Teleskop zu retten. 2004 hieß es, das für Hubble zuständige Space Telescope Science Institute (STScI) ziehe jedwede Möglichkeit in Betracht, von einer Zusammenarbeit mit Russland bei einer Reparaturmission per Sojus bis hin dazu, öffentliche Spenden für einen US-geführten Serviceflug zu akzeptieren.

Die erste Option jedoch schien reichlich unwahrscheinlich, weil Hubble nun einmal nur dafür ausgerichtet ist, von Spaceshuttle-Crews gewartet zu werden. Und öffentliche Spendengelder können in den USA nicht für spezielle Projekte gesammelt und dann in die betreffenden Staatskassen weitergeleitet werden.

Wieder brachte eine unerwartete Wende einen Hoffnungsschimmer für Hubble mit sich: Im Dezember 2004 reichte Sean O'Keefe aus persönlichen Gründen seinen Rücktritt ein. Würde ein neuer Nasa-Administrator das Teleskop wieder an die Spitze der Prioritätenliste set- >

> zen? Zunächst sah es nicht unbedingt danach aus.

Übergangschef Fred Gregory hatte Flugsicherheitsprogramme geleitet und als Astronaut selbst Flüge mit den Shuttles Challenger, Discovery und Atlantis absolviert. Doch obwohl Politiker wie die Senatorin Barbara Mikulski nachdrücklich für eine Rettung des Teleskops appellierten, hielt Gregory sich bedeckt. »Administrator O'Keefe hat bewusst, mit Bedacht und gut informiert die Entscheidung getroffen, dass Hubble nicht per Shuttle gewartet wird«, stellte er sich hinter seinen Vorgänger. Für die Fangemeinde des Teleskops ein herber Rückschlag.

Nun hängt alles am Shuttlestart

Doch dann nominierte Präsident Bush Michael Griffin als Wunschkandidaten für den Posten. Griffin, 1949 in Aberdeen im US-Bundesstaat Maryland geboren, wird als Wunderkind gehandelt. Allein fünf Master-, einen Bachelor- und einen Doktortitel hat er sich erarbeitet, unter anderem in Physik, Luft- und Raumfahrttechnik sowie Elektrotechnik. Er hat Erfahrung in Lehre, Forschung und leitenden Positionen und erhielt diverse Auszeichnungen. Dank seiner lockeren Art genießt er allgemeine Beliebtheit – die nun noch wachsen dürfte.

Gleich als der Senat ihn am 12. April 2005 vor seiner Amtsbestätigung zu einer Anhörung bestellte, bezog Griffin Stellung für Hubble. Dieses Instrument sei unermesslich wertvoll für die Wissenschaft, betonte er und verglich die Entdeckung durch Hubble, dass rund 95 Prozent des Universums aus Dunkler Energie und Dunkler Materie bestünden, mit der wissenschaftlichen Revolution durch Einsteins Relativitätstheorie.

Jedoch, eine endgültige Zusage für einen neuen Astronautenflug zu Hubble gab er nicht. Alles hänge davon ab, wie die Wiederaufnahme des Shuttlebetriebs verlaufen wird, betonte er in der Anhörung und seither immer wieder. In einer Pressekonferenz am 18. April nach seiner ersten Rede als Administrator wurde der Raketeningenieur konkret. »Gleich nachdem der erste Shuttleflug gestartet ist, werden wir eine interne Lagebesprechung durchführen und Pro und Kontra abwägen, ob die Shuttle-Reparaturmission zu Hubble wieder eingesetzt werden kann«, versprach er. Die robotergestützte Mission sei jedoch endgültig vom Tisch.

Im Mai nun teilte Griffin mit, der Etat für die mittel- und langfristigen Missionen sei noch einmal umgeschichtet worden. Einige Projekte hätten zurückstecken müssen. Für Hubble ein Glück: Rund dreihundert Millionen Dollar sind nun für das Observatorium vorgesehen. Damit soll zunächst der gesteuerte Absturz des Teleskops vorbereitet werden. Wenn aber bis dahin alles nach Plan verläuft, ist die Nasa laut Griffin entschlossen, das HST zu retten. »Wir setzen unsere Bemühungen fort, die Option für einen Reparaturflug per Shuttle zu Hubble aufrechtzuerhalten«, erklärte der Administrator und versicherte: »Ich werde meine Entscheidung bezüglich der Shuttle-Reparaturmission für Hubble nach den ersten beiden erfolgreichen Return-to-Flight-Missionen R2F treffen.« Und damit heißt es abwarten.

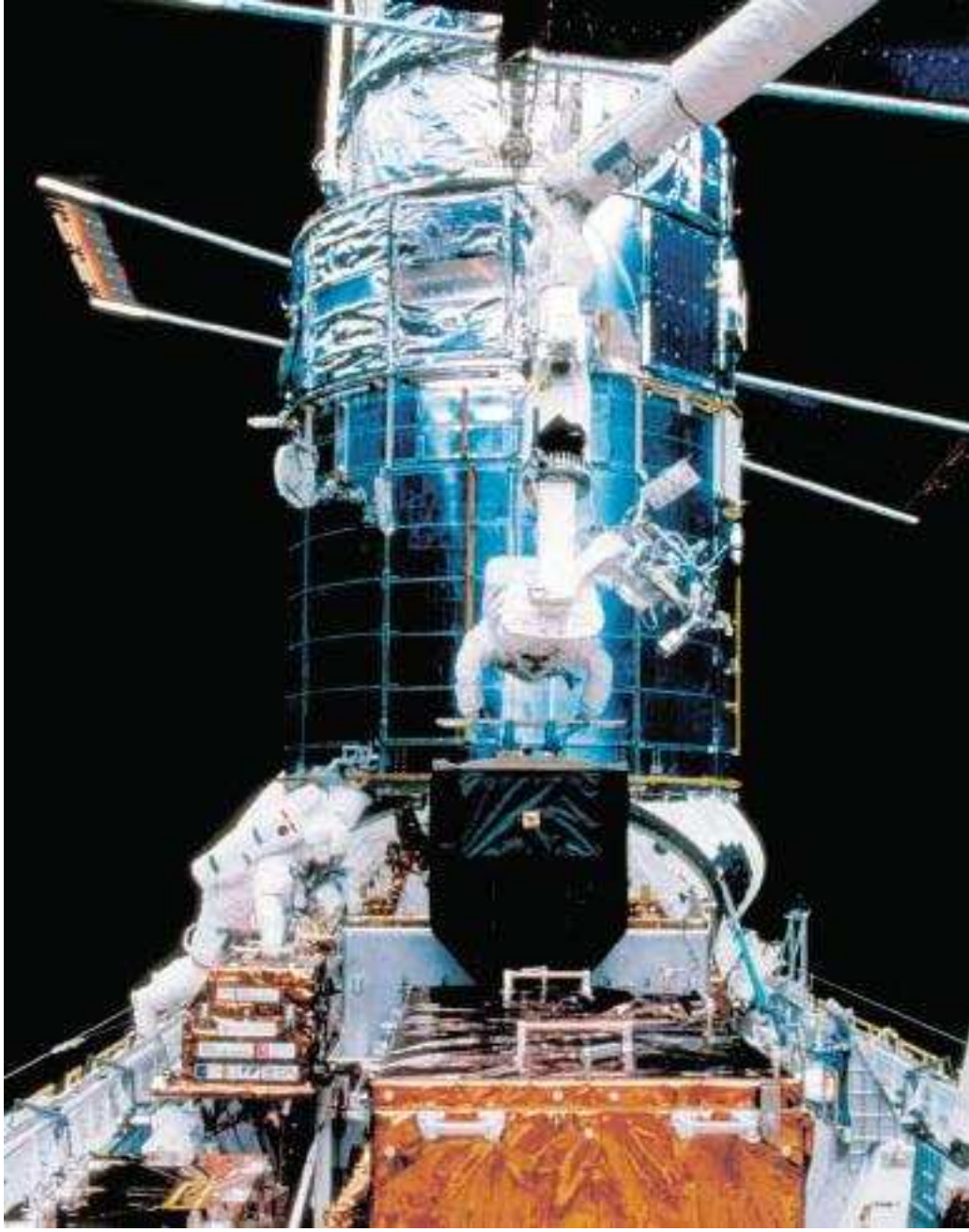
Ohne Wartung würde Hubble bald das Gleichgewicht verlieren und unkontrolliert durchs Weltall trudeln.

Tod durch Erfrieren

Doch was, wenn der Shuttle-Neustart nicht gelingt? Gut möglich, dass das HST noch bis 2007 einwandfrei funktioniert. Die Ingenieure der Nasa arbeiten bereits an Methoden, um das Ende des Observatoriums noch eine Weile zu verzögern. Die Batterien an Bord werden konserviert, während neue Software Wege finden soll, Hubble nur mit zweien der verbleibenden vier Gyroskope zu steuern – in dem sicheren Wissen, dass die anderen letzten Endes den Geist aufgeben werden. Tests mit der neuen Software zeigten Ende Februar dieses Jahres schon viel versprechende Ergebnisse.

Hubble war ursprünglich dafür ausgelegt, sich mit Hilfe von drei Gyroskopen auszurichten und zu stabilisieren, mit weiteren dreien zur Reserve. Aber zwei sind bereits ausgefallen und mussten von Astronauten vergangener Servicemissionen ausgewechselt werden, entsprechend schlecht sind die Aussichten für die verbleibenden Einheiten. Dem Direktor des Goddard Space Flight Center (GSFC) Edward J. Weiler zufolge waren jedoch die Bilder, die Hubble während der Tests mit nur zwei Gyroskopen aufnahm, von denen im regulären Betrieb »beinahe nicht zu unterscheiden«. Eine große Erleichterung, denn man hatte befürchtet, der Betrieb mit nur zwei Gyroskopen würde zu unscharfen Aufnahmen führen.

Trotz dieses Durchbruchs sind die Systeme des Teleskops ohne weitere Wartung dem Untergang geweiht. Wenn die Batterien entladen sind, was in gerade einmal drei Jahren der Fall sein könnte, wird das HST rapide abkühlen und unter den extremen Bedingungen im Weltall einfrieren. Die Kälte wird seine filigranen Strukturen irreparabel verzerren. Unter diesen Umständen würde das Observatorium das Ende dieses Jahrzehnts wohl kaum noch erleben.



Unersetzlich oder längst überholt? Noch für Jahre wird kein Teleskop an die Leistung Hubbles heranreichen. Doch ohne neue Batterien droht das HST zu erfrieren.

In Bushs Ministerium weist man nur darauf hin, das Teleskop habe seinen Höhepunkt sowieso bereits überschritten, seine Einzigartigkeit sei praktisch am Ende. Der technische Fortschritt werde bodengestützte Teleskope befähigen, in mancherlei Gebieten mit Hubble gleichzuziehen. Außerdem würden in Zukunft vor allem solche Teleskope relevant, die in anderen Wellenlängenbereichen als Hubble operieren. Ein Körnchen Wahrheit mag in diesen Beteuerungen stecken. Doch die Wissenschaftler argumentieren damit, dass vor einem gewarteten und reparierten HST noch Jahre erfolgreicher Arbeit und Entdeckungen lägen.

Würde Hubble in einen höheren Orbit gehoben und dort stillgelegt, sehen einige Ingenieure die Möglichkeit, es als Plattform für Langzeit-Materialtests in Weltraumumgebung zu nutzen. Auch Robotertechniken, die später auf dem Mond oder Mars Verwendung fänden, könnten die Forscher dort erproben. Das einst so stolze Teleskop könnte gar als funktionsloses Fotomotiv für zukünftige Weltraumtouristen enden – ein grauenvolles Szenario.

Ebenbürtigen Ersatz gibt es nicht

Ohne eine Gnadenfrist wird das marode Teleskop irgendwann nach 2010 wieder in die Erdatmosphäre eintreten. Die Nasa hat einstweilen schon einige Millionen US-Dollar dafür eingeplant, das 11 136 Kilogramm schwere Raumschiff durch ein kontrolliertes Verbrennen über dem Südpazifik sicher zu entsorgen. Alle Teile, die den feurigen Sturz durch die Atmosphäre überstehen würden, sollen in einen genau bestimmten, entlegenen Teil des Ozeans fallen.

Angemessener Ersatz ist derweil nicht in Sicht. Der leistungsfähigere Terrestrial Planet Finder, der eine kleine Anzahl hoch empfindlicher Teleskope mit revolutionärer Aufnahmetechnik nutzt, ist noch nicht über den Status der Planung hinaus, seine Stationierung im Orbit noch mindestens eine Dekade entfernt. Auch der Launch des James-Webb-Weltraumteleskops (JWST), eines riesigen infrarot-optimierten Observatoriums, hat sich um weitere vier Jahre verschoben. Vor 2011 ist hier nichts zu erwarten.

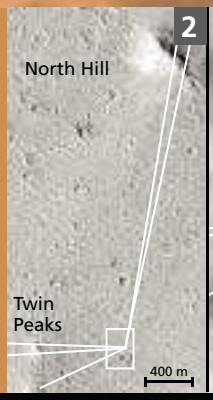
Natürlich gibt es andere Teleskope, die die Erde bereits umrunden. Das Chandra-Röntgenobservatorium, für das das Marshall Space Flight Center (MSFC) in Huntsville, Alabama, zuständig ist, startete 1999. Im August 2003 folgte das Spitzer-Infrarot-Weltraumteleskop. Doch keines der beiden besitzt wie Hubble den Zugang zu optischen Wellenlängen oder dessen Präzision, wenn es um Ultraviolettbeobachtungen geht. Spitzer ist zudem nur ein Kurzzeitprogramm und stellt schon in drei Jahren seine Arbeit ein, wenn die wichtige Kühlflüssigkeit für die Sensoren zur Neige geht.

Kosmologen betonen energisch, dass Hubble für die Suche nach weiteren Supernovae vom Typ 1a unverzichtbar ist. Eines Tages könnten das Webb-Teleskop und die geplante Sonde »Snap« diese Aufgabe übernehmen. Doch bis zur Vollendung des JWST sind es noch mindestens sechs Jahre. Snap, ein Observatorium, das die Geschwindigkeit tausender weit entfernter Supernovae messen soll, ist bisher nicht viel mehr als ein Entwurf.

Und wenn Hubble doch nicht gerettet wird? Für den Physiker John N. Bahcall vom Institute of Advanced Study in Princeton ist das eindeutig. »Das wäre eine Tragödie für unsere Nation«, sagt er, »und eine Tragödie für die Wissenschaft. Eine Tragödie für jeden, der neugierig auf das Universum ist.« <<

Colin Burgess ist Raumfahrthistoriker und Autor etlicher Bücher über Weltraum und Astronautik. Die Entwicklungen in jüngster Vergangenheit verfolgte **Carolin Konermann**.

ILLUSTRATION: NASA, JPL, CORBY WASTE



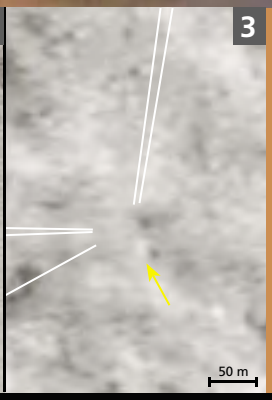


FOTO LINKS: NASA, JPL; RECHTS BEIDE: NASA, JPL / MSSS

Pathfinder war so einfach zu finden, weil wir markante Punkte auf Bodenaufnahmen (1) in den Satellitenbildern wiederfanden (2, 3). Die Sonde liegt im Schnittpunkt der daraus konstruierten Peillinien. Sie ist als heller Fleck zu erkennen (Pfeil). Ein paar Meter nördlich davon sieht man den dunklen Gesteinsbrocken »Yogi«.

LOST AND FOUND

Wie Mars Global Surveyor nach verloren geglaubten Marssonden fahndet – und fündig wird

>> Michael Malin

Am Abend des 3. Dezember 1999 saß ich in meinem Büro und wartete auf die ersten Bilder des Mars Polar Lander. Die Sonde – so war es jedenfalls geplant – sollte in der Nähe des Südpols niedergehen und während des Abstiegs die Oberfläche des Roten Planeten aufnehmen. Nach der Landung sollten die Bilder der von uns entwickelten Kamera zur Erde gefunkt werden.

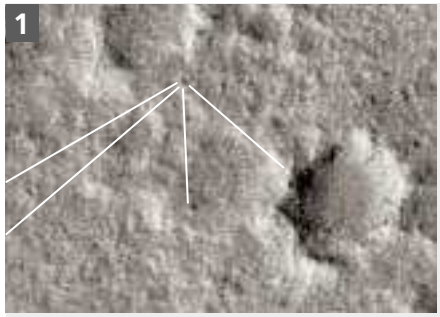
Doch unser Warten war vergeblich. Auf den Bildschirmen regte sich nichts, der Mars Polar Lander war spurlos verschwunden. Wochenlang fahndeten wir – erfolglos – nach irgendeinem schwachen Signal. Wir studierten Dutzende von Bildern der gleichfalls von uns entwickelten Kamera an Bord des im All kreisenden Mars Global Surveyor. Doch auch auf den Aufnahmen mit einer Auflösung von 1,5 Meter pro Pixel konnten wir nichts finden. Nach zwei Monaten gaben wir schließlich auf.

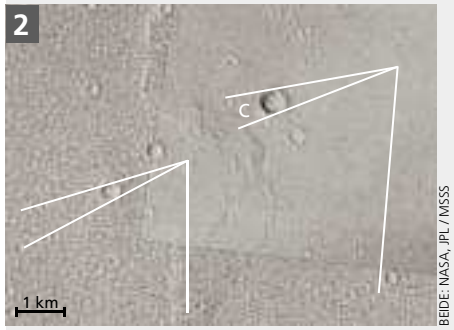
Mars Global Surveyor hatte bei seiner Suche lange, schmale Streifen aufgenommen und dabei mit seiner Mars Orbiter Camera (MOC) eine Auflösung erreicht, die bis zu vierzigmal höher war als die der Vikingsonden in den späten 1970er Jahren. Wenngleich die Bildschärfe nicht an die der leistungsfähigsten Erd- geschweige denn der Spionagesatelliten heranreicht, wiegt MOC nur ein Zehntel davon und verbraucht neunzig Prozent weniger Energie. Über sieben Jahre lang strömten die MOC-Daten zur Erde und revolutionierten unsere Sicht des Nachbarplaneten. Am Ende konnten wir mehr als 175 000 Bilder ins Internet stellen.

Weil es Spaß macht

Als wir 1999 nach dem verschollenen Mars Polar Lander Ausschau hielten, war dies das erste Mal, dass wir die MOC für die Suche nach einem Lander verwendeten. Damals hatten wir bereits Methoden zum Aufspüren von Mars Pathfinder und den beiden Viking-Lander entwickelt – und dafür zwei gute Gründe: Zum einen war es aus wissenschaftlicher und ingenieurtechnischer Sicht wichtig, die genauen Positionen zu bestimmen. Zum anderen machte die Sache Spaß. Leider hatten wir seinerzeit keinen Erfolg. Die Viking-Lander blieben verschwunden, und was bei einer Auflösung von 1,5 Meter pro Pixel zunächst wie Pathfinder aussah, entpuppte sich bald als ein nichts sagender Fleck.

Doch dann gelang es uns im vergangenen Jahr – zusammen mit dem Jet Pro- >





BEIDE: NASA, JPL / MSSS

Auch den Viking Lander 1 konnten wir mit Peillinien durch geografische Punkte ausfindig machen. Sie weisen genau auf die Sonde (1). Allerdings können solche Strukturen leicht verwechselt werden, denn mitunter passen die Peillinien zu mehreren Objekten – etwa zwei unterschiedlichen Kratern (2).

pulsion Laboratory und Lockheed Martin –, die Auflösung der MOC-Bilder um das Dreifache zu steigern – auf sage und schreibe 0,5 Meter pro Pixel. Dies gelang uns mit Hilfe der so genannten image-motion compensation (IMC), einer Methode, die seit Jahrzehnten bei der Auswertung von irdischen Luftbildern hilft und auch bei den Vikingmissionen bereits von Nutzen war.

Normalerweise ist die an der Unterseite des Mars Global Surveyor angebrachte MOC senkrecht nach unten ausgerichtet. Die Geschwindigkeit über Grund beträgt ungefähr 3000 Meter pro Sekunde, wobei entlang einem schmalen Streifen jede Sekunde 500 000 Bilder geschossen werden. Diese verfügen somit über eine Auflösung von 1,5 Meter pro Pixel.

Im IMC-Modus neigt sich die Marssonde vor dem Erreichen des Zielobjekts zunächst nach vorne und dreht sich beim Überfliegen zurück. Der Satellit verhält sich mit seiner Kamera also ähnlich wie wir, wenn wir einem Menschen begegnen und ihn mit unseren Augen fixieren. Auf diese Weise bleibt das Zielgebiet länger im Fokus der Kamera, sodass sich nicht nur die Qualität der Bilder verbessert, sondern auch deren Auflösung. Auf ihnen lassen sich noch Objekte erkennen, die gerade einmal einen Meter groß sind.

Und so machten wir uns mit der IMC erneut auf die Suche – und waren bald erfolgreich. Genau wie wir erwartet hatten, war Pathfinder rasch gefunden. Schließlich hatte die Sonde nach der Landung Bilder zur Erde gefunkt, auf denen wir markante Hügel sehen konnten, die auf Luftbildern eindeutig zu identifizieren waren. Von dem Erfolg animiert, wollten wir nun endlich auch die Viking-lander ausfindig machen.

Völlig verstaubt

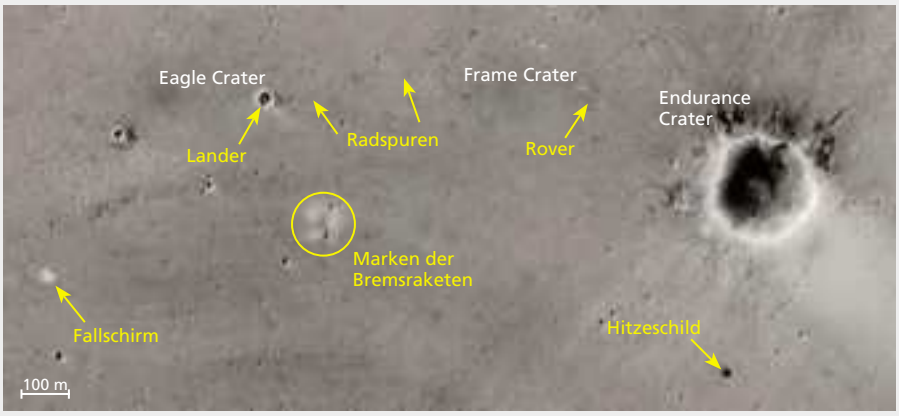
Der Viking Lander 1 machte es uns zunächst nicht leicht, denn anders als bei Pathfinder vermochten wir mit der MOC keine Strukturen ausfindig zu machen, die wir auf den Bodenaufnahmen wiederfinden konnten. Erst nach der akribischen Erkundung der Landeregion erkannte der mittlerweile verstorbene Merton Davies von der Rand Corporation, dass die Sonde offenbar fünf Kilometer nordöstlich der bis dahin als sicher geglaubten Position niedergegangen war. Mit Davies' Daten konnte Timothy Parker vom Jet Propulsion Laboratory schließlich markante Kraterränder ausmachen – und in ihrer Nähe auch den verstaubten Viking Lander 1.

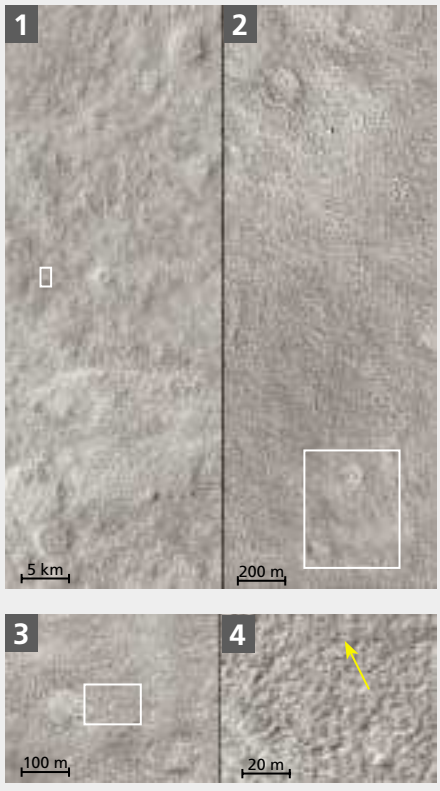
Noch schwieriger gestaltete sich die Suche nach dem Viking Lander 2. Er war in einer flachen Gegend gelandet und hatte Bilder zur Erde gefunkt, auf denen kaum charakteristische Merkmale zu sehen waren. Zudem waren seine Positionsdaten ungenau. Wieder war es Parker, der den Landeort eingrenzte und am Ende nur 500 Meter danebenlag.

Selbst bei einer Auflösung von einem halben Meter pro Pixel erscheinen die Pathfinder- und Viking-Lander lediglich als ein bis zwei Pixel große Fleckchen – umso beeindruckter waren wir deshalb von den Spuren, die die beiden Marsrover Spirit und Opportunity hinterließen: Neben den beiden Gefährten konnten wir die Fallschirme, die Hitzeschilde, die Landeplattformen und die Spuren der Bremsraketen auf dem Marsboden erkennen. Ja sogar die Spuren der über den Roten Planeten kurvenden Roboter waren gut zu sehen.

Natürlich hat die deutliche Sichtbarkeit ihre Gründe: Zum einen sind die Rover nämlich größer als Pathfinder und

Mars Exploration Rover Opportunity, Viking Lander 2





ALLE FÜNF: NASA, JPL / MSSS

Im Umfeld des Landeplatzes von Opportunity (oben) sind die Marken der Bremsraketen, der Fallschirm, der Hitzeschild und – inmitten des Eagle Crater – der Lander zu sehen. Weil in den Ebenen des Meridiani Planum nur wenig Staub weht, sind auch die Radspuren in Richtung des Endurance Crater erhalten. Der Rover befand sich zum Zeitpunkt der Aufnahme, am 26. April 2004, südöstlich des Frame Crater.

Die Landestelle des Viking Lander 2 (rechts) in verschiedenen Vergrößerungen. Vom Viking Orbiter stammt das Bild 1 mit einer Auflösung von 75 Meter pro Pixel. Bild 2 wurde von der Kamera an Bord des Mars Global Surveyor aufgenommen und hat eine 25fach höhere Auflösung. Durch weiteres Zoomen (3, 4, beide gedreht) konnten wir schließlich den verstaubten Viking Lander 2 finden.

die Vikingsonden. Und zum anderen sind sie noch nicht vom Marsstaub bedeckt.

Spätestens jetzt war uns klar, dass wir auch die vorzeitig verloren gegangenen Mars-Lander aufstöbern konnten. Unser besonderes Interesse galt dabei dem europäischen Beagle 2, von dem seit Dezember 2003 jede Spur fehlt, und dem Mars Polar Lander, der an jenem Dezemberabend 1999 verstummte. Vielleicht würden wir sogar herausfinden, warum diese Missionen scheiterten.

Leider weiß niemand genau, wo die beiden Sonden abstürzten. Und da die potenziellen Regionen so groß sind, dass die Erkundung mit Hilfe der IMC allein für den Mars Polar Lander rund sechzig Jahre dauern würde, mussten wir uns bei dieser Aufgabe mit den ganz normalen MOC-Bilder begnügen. Dass wir damit immerhin einen Teilerfolg hatten, dürfte wohl unseren Erfahrungen mit Viking, Pathfinder und den Marsrovern zu verdanken sein. Zwar bleibt Beagle 2 nach wie vor verschwunden, den Mars Polar Lander haben wir aber vermutlich entdeckt.

Er war an ganz ähnlichen Fallschirmen niedergegangen wie Spirit und Opportunity – und hatte auf dem Marsboden mit seinen Bremsraketen offenbar die gleichen Marken hinterlassen. Und genau deshalb können wir womöglich einiges über die letzten Momente des Mars Polar Lander sagen.

Ende kurz vor dem Ziel

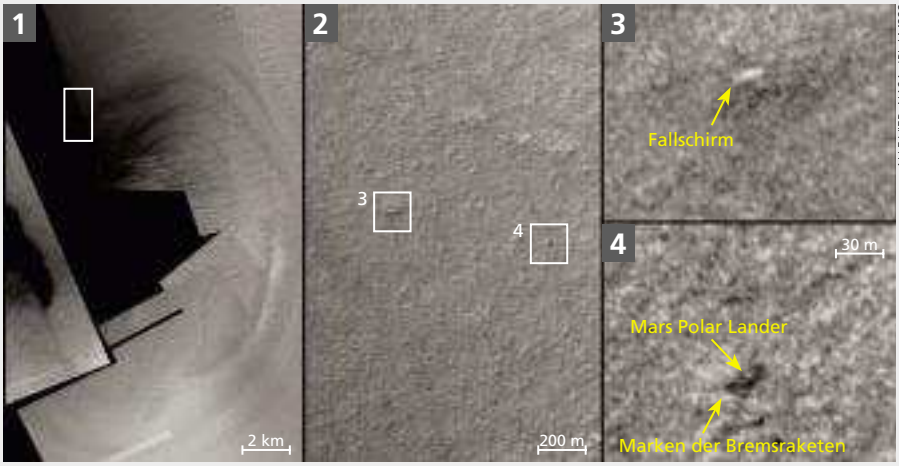
Die Untersuchungskommission kam seinerzeit zu dem Schluss, dass die Mission erst kurz vor dem Aufsetzen scheiterte. Demnach wäre alles wie am Schnürchen verlaufen – bis die Software die Berührung mit dem Boden registrierte und die Bremsraketen abschaltete. Und hier, so die Experten, habe der Fehler gelegen: Schon beim Ausfahren des »Fahrwerks« habe es nämlich einen Ruck gegeben, den der Autopilot offenbar als »Landung« interpretiert hatte. Die Raketen seien somit acht bis zehn Sekunden zu früh abgestellt worden, sodass der Mars Polar Lander aus ungefähr vierzig Meter Höhe ungebremst auf den Mars stürzte – was angesichts der geringeren Schwerkraft hier auf der Erde dem Sturz aus dem vierten Stock eines Hauses entspricht.

Die Ähnlichkeit der Bremsmarken mit denen des Marsrovers Opportunity hat ihren Grund, denn auch dieses kleine Gefährt war bei seiner Landung aus größerer Höhe »abgestürzt« – nur war es im Gegensatz zum Mars Polar Lander durch zahlreiche Airbags geschützt gewesen. So weisen in beiden Fällen die Marken der Bremsraketen auf ein Abschalten in einigen dutzend Metern Höhe hin. Auch die Lage und Position des Fallschirms passt zu dem Geschehen.

Zu guter Letzt fanden wir dann auch einen einzigen kleinen Punkt. Den Mars Polar Lander? Falls er es ist, ging er nach seinem Absturz offenbar nicht in tausend Stücke. Und dann spräche alles dafür, dass die Untersuchungskommission die richtigen Schlüsse gezogen hat: Die Sonde wäre tatsächlich mehr oder weniger erfolgreich an ihrem Fallschirm durch die Atmosphäre gesunken – und ihr Ende in der Tat erst im letzten Moment gekommen, wenige Augenblicke vor der Landung. <<

Michael Malin ist der Chefwissenschaftler seiner Firma Malin Space Science Systems in San Diego. Dutzende von Planetensonden waren und sind mit seinen Kameras ausgestattet – darunter auch der Mars Global Surveyor mit seiner Mars Orbiter Camera. Ihre Bilder finden sich im Internet unter: www.msss.com.

Mars Polar Lander



ALLE VIER: NASA, JPL / MSSS

S&T, GREGG DINDERMAN / AH

Für das Ende des Mars Polar Lander war nach Ansicht der Experten das vorzeitige Abstellen der Bremsraketen verantwortlich. Die Sonde sei daraufhin aus einigen dutzend Metern Höhe auf die Oberfläche geprallt. Einer unserer Mitarbeiter bezeichnete die Fahndung danach als »eine Suche nach einer bestimmten Nadel in einem Nadelhaufen«. Bilder niedriger Auflösung (1) lieferten keinerlei Hinweis. Erschwert wurde die Suche, weil niemand wusste, wie der Fallschirm oder die Marken der Bremsfallschirme aussehen würden. Erst nachdem wir die Mars Exploration Rover gefunden hatten, wussten wir, worauf wir achten mussten (2). Nun glauben wir, sowohl den Fallschirm (3) als auch die Bremsmarken und den Lander selbst gefunden zu haben (4).

BLICK IN DEN KOMETEN

Die Raumsonde »Deep Impact« soll erstmals das eisige Innere eines Kometen freilegen und Fotos von seinem Kern aufnehmen.

>> **Elizabeth Warner und Greg Redfern**

Die 267 Millionen Dollar teure Deep-Impact-Mission wird die bislang detailreichsten Bilder eines Kometenkerns liefern.

NASA, JPL / SAIC

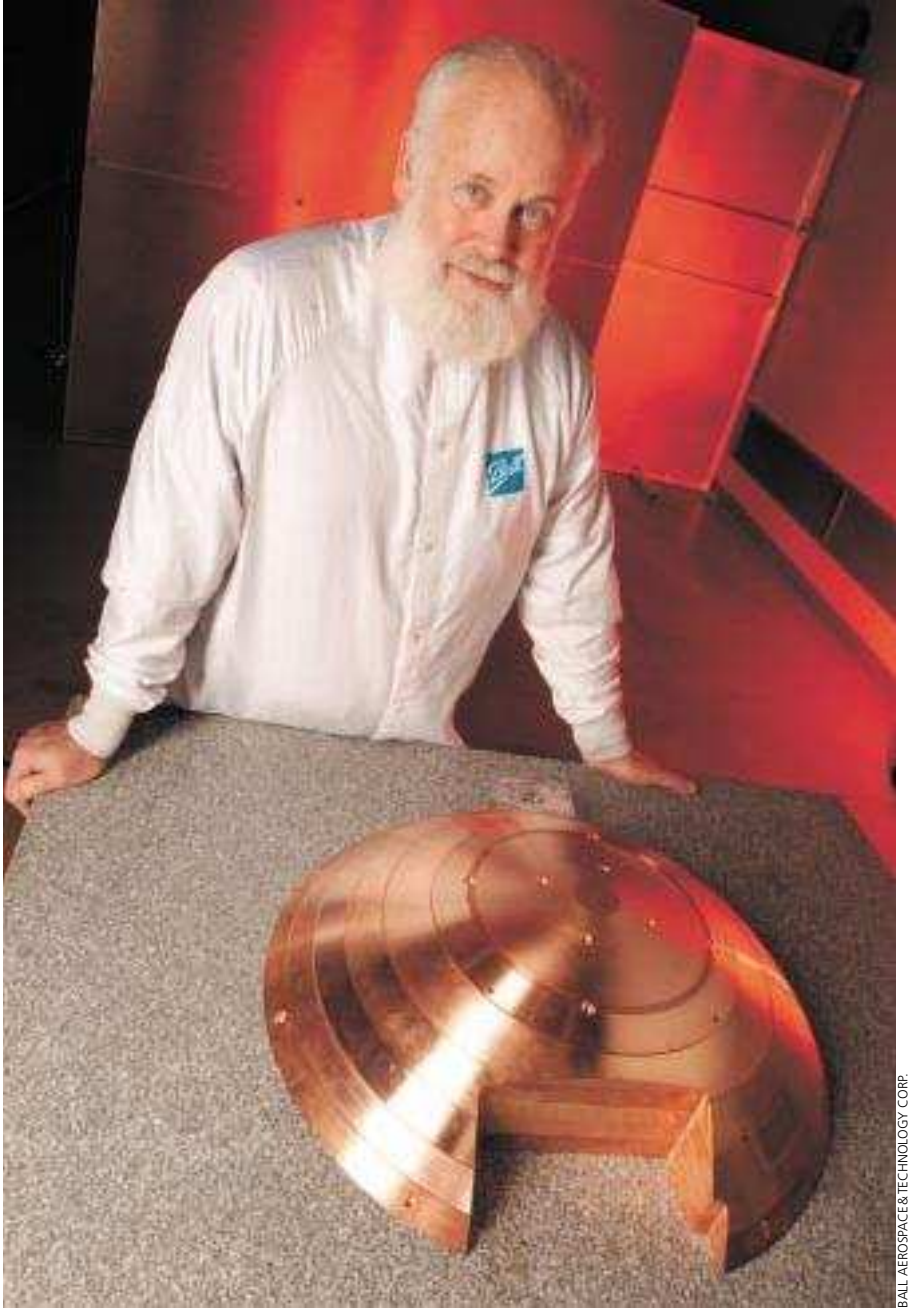
Während die Amerikaner in der Nacht zum 4. Juli den Feiern zum Unabhängigkeitstag entgegenschlummern, zündet die Nasa ein himmliches Feuerwerk, wie es die Welt noch nicht gesehen hat. Ihre Raumsonde »Deep Impact« wird ein 372 Kilogramm schweres Geschoss ausklinken – den Impaktor – und auf den Kometen 9P / Tempel 1 lenken. Das Projektil wird nach kurzem Flug mit rasanten 37 000 Kilometern pro Stunde auf der Tagseite des Kometen einschlagen. Die Aufprallenergie entspricht einer Sprengkraft von fast fünf Tonnen TNT und könnte den Himmelskörper bis zu fünfzig Meter tief aufreißen.

Die Sonde selbst kann das Spektakel von einem Logenplatz aus verfolgen. Zum Zeitpunkt des Aufschlags rast sie in lediglich 500 Kilometer Entfernung am Kometenkern vorbei und verfolgt dreieinhalb Minuten lang die Kollision und ihre Nachwirkungen. Anschließend soll sie weitere zehn Minuten lang in den frischen Krater hineinspähen, bis sie sich so weit entfernt hat, dass das Einschlaggebiet aus ihrem Blickfeld gerät. Sie funkt ihre Messdaten zur Erde, genau wie der Impaktor, der eine eigene Sendeanlage an Bord hat. Die Antennen des Deep-Space-Networks in Kalifornien und Australien haben die Aufgabe, den Datenstrom aufzufangen.

Im Mittelpunkt der Aufmerksamkeit

Auch die Weltraumteleskope Hubble, Chandra, Spitzer und XMM-Newton sollen ihren Blick auf das Ereignis richten. Vom Boden aus werden sowohl Profis als auch Amateure den Kometen im Visier haben. Es ist wichtig, jede Veränderung vor, bei und nach dem Einschlag zu registrieren. Landet die Sonde einen Volltreffer, dann könnte die Explosionswolke Tempels Helligkeit vervielfachen. War er vorher ein nebliges Objekt neunter oder zehnter Größenklasse, so könnte nach dem Aufprall seine Leuchtkraft durchaus die 6. Größe erreichen.

Die Idee eines künstlich herbeigeführten Aufschlags auf einem Kometen geht auf das Jahr 1996 zurück, als Alan Delamere, damals bei Ball Aerospace, und Michael Belton vom National Optical Astronomy Observatory der Nasa (NOAO) eine entsprechende Mission vorschlugen. Mit von der Partie war Michael A'Hearn von der University of Ma- >



BALL AEROSPACE & TECHNOLOGY CORP.

Michael A'Hearn, Deep-Impact-Missionswissenschaftler, posiert hier hinter dem Kratergeschoss – ein 113 Kilogramm schweres Kupfer-Aluminium-Projektil, das einen Einschlagkrater in Tempel 1 reißen soll.

> ryland. Verschiedene Gründe führten zur Ablehnung des Antrags. Unter anderem hielt die Weltraumbehörde das Zielobjekt, den Himmelskörper 3200 Phaethon, für ungeeignet. Auch wollte niemand so recht glauben, dass das Geschoss den Kometen tatsächlich treffen würde.

Die Forscher ließen sich jedoch nicht beirren und zwei Jahre später versuchte es A'Hearn erneut. Mit einer Reihe von Änderungen am Missionsplan konnten er und sein Team die Nasa überzeugen. Unter anderem sollten die Steuerung und der Antrieb des Impaktors nun komplett automatisiert werden; als Zielkomet war jetzt der aktive kurzperiodische Tempel 1 vorgesehen. Das Geld wurde 1999 bewilligt: 267 Millionen Dollar nach heutigem Stand. A'Hearn wurde zum Chef der Mission ernannt. So viel zur Entstehung des Projekts – aber warum geben sich die Wissenschaftler einem solchen Unterfangen überhaupt hin? Warum wollen sie einen Kometen unter Beschuss nehmen? Die meisten Forscher nehmen heute an, dass es sich bei diesen Himmelskörpern um gefrorene Überreste aus dem Geburtsnebel unseres Sonnensystems handelt.

Reise in die Vergangenheit

Damit ähneln die Kometen urtümlichen Zeitkapseln, die einzigartige Informationen über die Entstehung des Planetensystems bergen. Durch Beobachtung konnten die Astronomen im Lauf der Jahrhunderte einiges über sie lernen. Anfangs nahmen sie die Schweifsterne nur mit bloßem Auge ins Visier, später mit Teleskopen und schließlich mit unbemannten Raumsonden. Zuletzt raste im Januar 2004 die Nasa-Sonde Stardust am Kometen 81P/Wild 2 vorbei und sammelte Staubproben und Gase aus dessen Hülle (der »Koma«). An Bord einer Rückkehrkapsel soll die kostbare Fracht Anfang 2006 in der Wüste von Utah landen. Die Kameras an Bord der Sonden offenbarten im Innern der Koma kleine, vereiste Kerne mit dunklen und rauen Oberflächen.

Die bisherigen Beobachtungen beschränkten sich notgedrungen auf das Äußere der Kometenkerne. Woraus aber besteht ihr Inneres? Wie ist ihr struktureller Aufbau? Deep Impact wird in mehrfacher Hinsicht zu unserem Verständnis von Kometen beitragen: Durch die Beobachtung des Geschosseinschlags, durch die chemische Analyse der aufgewirbelten Trümmerwolke und der Innenflächen des frisch aufgeworfenen Kraters sowie durch die Untersuchung der Gase, die nach dem Aufprall aus dem Kometen austreten. Diese Messungen werden es endlich erlauben, das Innenleben eines Kometenkerns mit seiner Oberfläche zu vergleichen. Spektroskopische Untersuchungen sollen zum Beispiel zeigen, ob der Kometenkern innen aus Schichten besteht oder ob er einheitlich zusammengesetzt ist.

Bei der Deep-Impact-Mission geht es also um nichts anderes als um die wahre Natur der Kometen. Der Harvard-Astronom Fred Whipple vermutete im Jahr 1950, dass Kometenkerne feste Körper aus gefrorenen Substanzen wie Wasser, Ammoniak, Methan, Kohlendioxid und Kohlenmonoxid sind, vermengt mit Meteoritenstaub. Nähert sich ein solch eisiger Geselle der Sonne, dann heizt ihre Strahlung die gefrorenen Gase auf. Diese verdampfen sofort, bilden die Kometenkoma und in einigen Fällen einen langen, eindrucksvollen Schweif.

Missionsleiter A'Hearn sieht den wichtigsten Beitrag von Deep Impact jedoch woanders: Endlich würden wieder aktive Experimente mit planetaren Körpern aufgegriffen, statt sich nur auf passive Beobachtungen und mikroskopische Analysen zu beschränken. Vergleichba- >

Wo können irdische Fernrohrbeobachter den besten Blick auf den kommenden Kometen-Crash genießen? Wo werden die Astronomen am 4. Juli wirklich in der ersten Reihe sitzen? Ideal wäre ein Beobachtungsplatz im östlichen Pazifik, aber da die »Explosionswolke« einige Stunden braucht, um sich zu entfalten, und anschließend vermutlich mehrere Tage lang bestehen wird, werden alle Beobachter rund um den Globus nach und nach einen Blick auf die Nachwirkungen des Einschlags erhaschen (siehe »Deep Sky«, S. 44). Die eigentlichen Logenplätze haben die Australier – sie gehören zu den Ersten, die eine ansehnliche Auswurfswolke zu Gesicht bekommen.

Weltweit beteiligen sich etwa hundert Profi-Astronomen an den Beobachtungen, zahlreiche Observatorien rund um den Globus sind am Ball. »Darunter sind viele Wissenschaftler, die vor Jahren schon Shoemaker-Levi beobachtet haben«, erinnert Hans-Ulrich Käufl von der Europäischen Südsternwarte (Eso) an den Sommer 1994, als der zerbrochene Komet in den Jupiter stürzte. Damals hatte wegen der ungünstigen Bedingungen keine Sternwarte den Aufprall direkt im Blick: Das Drama spielte sich auf Jupiters Rückseite ab. Erst als sich der Gasriese weiter drehte, kamen die dunklen Einschlagstellen in Sicht.

Diesmal soll es anders laufen. Geplant ist, dass die Zehn-Meter-Teleskope auf Mauna Kea (Hawaii) den Zusammenprall zwischen Impaktor und Komet in Echtzeit verfolgen. Der Aufschlag wird dort, so Käufl, während der Abenddämmerung stattfinden (5.52 Uhr Weltzeit) und kann etwa drei Stunden lang beobachtet werden.

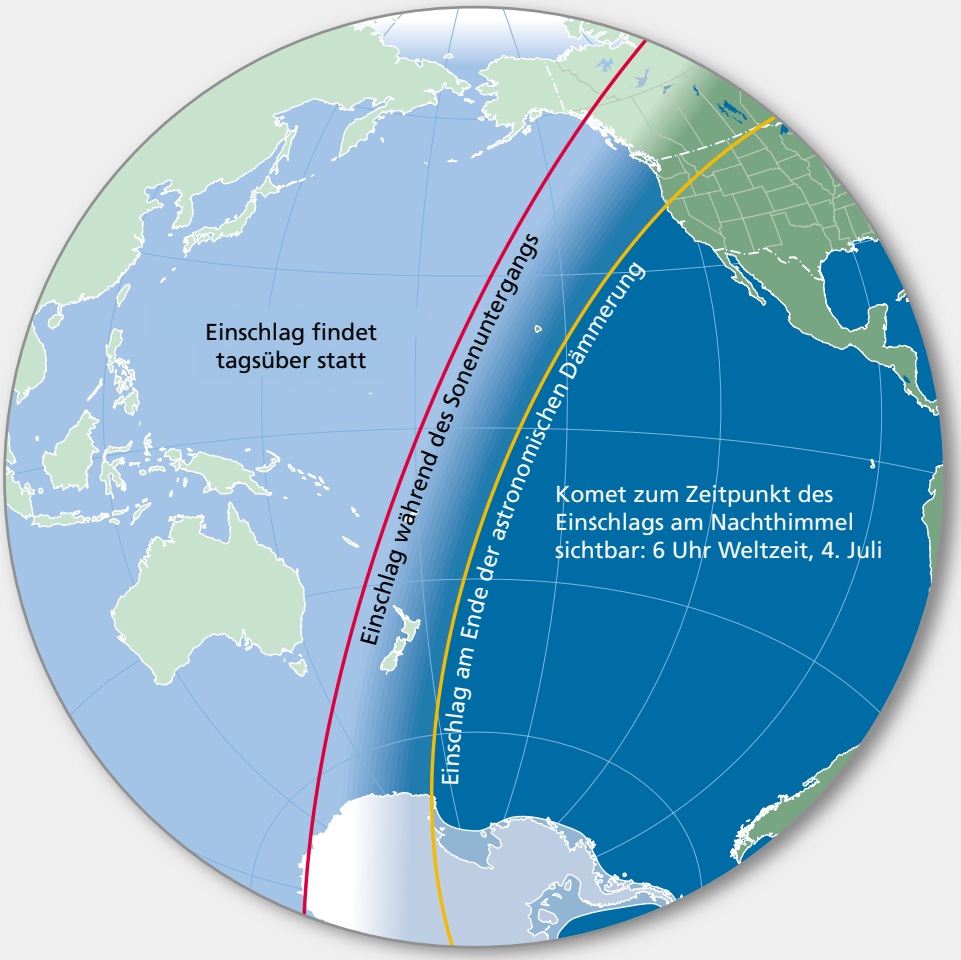
Danach übernehmen Sternwarten in Japan, Australien und Indien**.** »Wir bekommen den Kometen von unseren Kollegen auf den Kanarischen Inseln überstellt«, erläutert Käufl. Das wird etwa 13 bis 14 Stunden nach dem Impakt sein. Wir – das sind die chilenischen Eso-Standorte in La Silia und auf dem Cerro Paranal. Noch bevor sich der angeschossene Komet erneut über Nordamerika zeigt, sind die südamerikanischen Eso-Optiken bereits online. Das hat geografische Gründe: Chile liegt nämlich östlich der Vereinigten Staaten.

Die europäischen Fernrohre sind in Chile günstig platziert: Einerseits kommt es sehr selten vor, dass an beiden etwa 500 Kilometer voneinander entfernten Standorten gleichzeitig schlechtes Wetter auftritt. Anderseits ist der für die Forscher spannendste Augenblick wohl nicht der Moment des Einschlags selbst. Käufl: »Die aus der Kollision hervorgehende Wolke wird sich erst zwölf bis achtzehn Stunden nach dem Aufprall voll entwickelt haben. Dafür sprechen Erfahrungen, die wir früher mit auseinander brechenden Kometen gesammelt haben.« Tempel 1 gerät also möglicherweise gerade zum richtigen Zeitpunkt ins Visier der Eso-Teleskope.

»Schon ein bis zwei Stunden vor Sonnenuntergang können wir den Kometen im Infrarotlicht beobachten«, erläutert der Astronom, der die Staubentwickung des Kometen in diesem Wellenlängenbereich überwachen wird. Bei Einbruch der Nacht setzen dann auch die Beobachtungen im sichtbaren Licht ein. Den Atomen und Molekülen in der Auswurfwolke will man spektroskopisch auf die Schliche kommen.

Die Forscher interessiert etwa, welche Kohlenwasserstoffe sich im Kerninnern verbergen. Sind die flüchtigen Substanzen dort höher konzentriert als an seiner Oberfläche? Findet sich in der Tiefe sogar bislang unentdecktes organisches Material?

Kometenforscher Käufl hat für die einmalige Gelegenheit reichlich Teleskopzeit reserviert: »Unsere Beobachtungen beginnen schon zwei Tage vor dem Einschlag. Danach können wir Tempel 1 bis zu sechs Tage lang observieren – und zwar mit allen Instrumenten der Eso gleichzeitig!« **>> Thorsten Dambeck**



S&T / AH

Der Einschlag auf Tempel 1

lässt sich direkt vom östlichen Pazifik aus verfolgen. Die Auswurfwolke braucht allerdings einige Stunden, um sich zu entfalten, und wird vermutlich tagelang bestehen bleiben.

> res geschah zuletzt in den frühen 1970er Jahren, als Apollo-Astronauten Mondbeben erzeugten und die daraus resultierenden seismischen Erschütterungen untersuchten, um den inneren Aufbau unseres Monds zu enthüllen.

Breit und flach oder schmal und tief?

Laut A'Hearn ist unser Wissen über die physikalischen Eigenschaften von Kometenkernen noch derart begrenzt, dass jede neue Erkenntnis einen gewaltigen wissenschaftlichen Gewinn darstellt. »In erster Linie interessieren wir uns für die Unterschiede zwischen der Kernoberfläche, die im Lauf von Jahrmilliarden verändert wurde, und dem Innern des Kerns«, erläutert er.

Die Deep-Impact-Spezialisten erwarten einen kreisförmigen Einschlagkrater, wissen aber nicht genau, welche Ausmaße er am Ende haben wird. Hat der Kern nur einen losen Zusammenhalt, könnte beim Einschlag viel Material herausgeschleudert werden, dessen Hauptanteil auf die Oberfläche des Kometen zurückfallen und sich dort in Form einer ausgedehnten Decke niederschlagen würde. Für diesem Fall erwarten die Wissenschaftler einen Kraterdurchmesser zwischen 60 und 240 Metern und ein Verhältnis von Durchmesser zu Kratertiefe von 4:1.

Bei einem harten und unnachgiebigen Kern rechnen die Forscher mit wenig Auswurfmaterial. Der Durchmesser des Kraters könnte dann gerade einmal zehn Meter betragen, mit einem Durchmesser-Tiefen-Verhältnis von 3:1. Ist das Kernmaterial porös und fängt die Aufschlagenergie weit gehend durch Kompression auf, könnte der Krater sogar noch kleiner ausfallen. In diesem Fall wäre das Einschlagbecken im Verhältnis zum Durchmesser sehr tief und wiese extrem steile Wände auf.

Die Art des entstehenden Kraters kann also viel über den Aufbau des Kerns verraten – zumindest, was seine äußeren Schichten betrifft. Solche Informationen lassen wiederum Rückschlüsse auf die Entstehung des Kometen zu: Ist der Kern weich und lose, so würde das die These stützen, dass sich die Schweifsterne aus mehr oder weniger unverändertem Material des solaren Urnebels zusammensetzen. Ist das Material hart, so würde das darauf hindeuten, dass der Kometenkern nicht mehr im ursprünglichen Zustand ist, sondern sich durch innere Prozesse verfestigte. Denkbar wäre auch, dass die äußere Kruste aus verändertem Material besteht, während der innere Kern lupenreinen Urstoff beherbergt.

Herausforderung für die Technik

Größe und Geschwindigkeit der Auswurfwolke werden überdies Aufschluss über die Dichte des Kometenkerns geben. Nachdem die Forscher mit Hilfe der Kameras an Bord von Deep Impact die Größe des Kerns bestimmt haben, vermögen sie anhand der Dichte auch seine Masse zu berechnen.

Sowohl die Sonde als auch der Impaktor verfügen über eigene Messinstrumente und eine eigene Datenübertragung. Beide wurden bei Ball Aerospace im US-Bundesstaat Colorado gebaut. Die Instrumente müssen drei Aufgaben erfüllen: die Sonde in die Nähe von Tempel 1 lavieren, den Impaktor auf Kollisionskurs zum Kometenkern bringen und die wissenschaftlichen Messungen vor, während und nach dem Einschlag gewährleisten.

Die Sonde trägt die beiden Hauptkameras, nämlich das High-Resolution-Instrument (HRI) sowie das Medium-Resolution-Instrument (MRI). Das HRI ist eine der größten Optiken, die je für interplanetare Sonden gebaut wurden: Es verfügt über ein f/35-Cassegrain-Objektiv mit dreißig Zentimeter Öffnung. Die Rolle des Okulars übernehmen eine 1024-mal-1024-Pixel-CCD-Kamera sowie ein Infrarotspektrometer. Im Frühjahr 2005 litt diese Kamera noch unter Fokussierungsproblemen; das Technikerteam arbeitete fieberhaft an einer Lösung.

Das Spektrometer hat eine etwas geringere Auflösung (512 mal 256 Pixel) und misst im infraroten Wellenlängenbereich zwischen 1,1 und 4,8 Mikrometern. Damit können Moleküle und chemische Elemente im Kometenmaterial identifi-

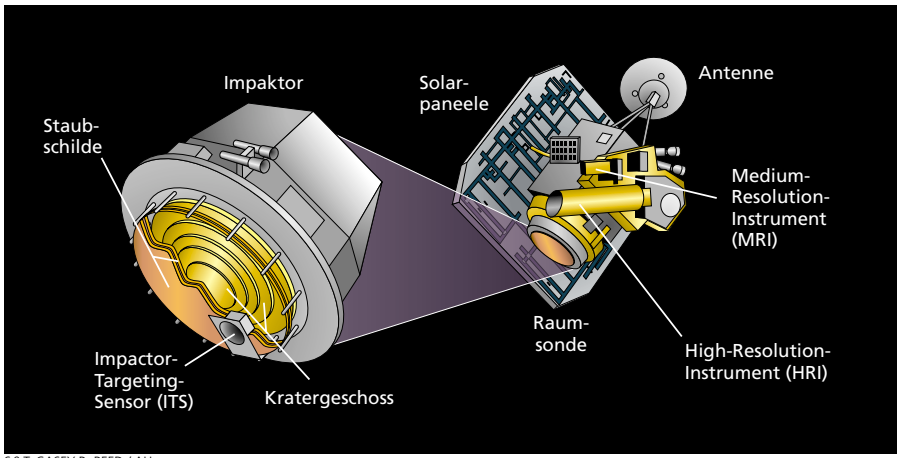
BALL AEROSPACE & TECHNOLOGIES CORP.

Vereinigungszeremonie Die Ingenieure von Ball Aerospace fügen die Deep-Impact-Raumsonde und den Impaktor zusammen (Aufnahme aus dem Jahr 2004).

Schweifsternen auf der Spur

Die obere Fotoreihe zeigt die Kometen 1P/Halley, 19P/Borrelly und 81P/Wild 2 (v. l. n. r.). Die Grafik darunter gibt den Aufbau der Deep-Impact-Sonde wieder.

HALLEY MULTICOLOUR CAMERA TEAM / NASA



S&T, CASEY B. REED / AH

ziert werden, außerdem lässt sich die mineralogische Zusammensetzung im Innern des Kometenkerns und an seiner Oberfläche untersuchen. Die MRI-Weitwinkeloptik (11,8 Zentimeter Öffnung und f/17,5 mit einer 1024-mal-1024-Pixel-Kamera) ist in erster Linie ein Hilfssystem für den Fall, dass HRI ausfallen sollte. Außerdem ist MRI für die Navigation zuständig, vor allem in den letzten Tagen vor dem Einschlag. Mit seinem großen Gesichtsfeld wird es den Kometenkern dann leicht auffinden können.

Nach dem Ausklinken des Impaktors wird die Sonde ihr Triebwerk zünden, um einer Kollision mit dem Tempel-Kometen zu entgehen. Das Ausweichmanöver ist so gewählt, dass sie in 500 Kilometer Abstand am Kometen vorbeifliegt – genügend weit entfernt, um keinen Schaden zu erleiden, aber gleichzeitig nah genug dran, um den Krater gut fotografieren zu können. Vorsichtshalber gehört auch ein Staubabwehrschild zur Ausrüstung der Sonde. Nach dem Vorbeiflug wird HRI den sich entfernenden Kometen weitere sechzig Stunden lang beobachten. Das Bordteleskop soll unter anderem nach größeren Trümmern spähen, die infolge des Aufschlags den Kern umschwirren könnten.

Auf dem Impaktor selbst befindet sich nur ein einziges wissenschaftliches Instrument, der Impactor-Targeting-Sensor (ITS). Er ähnelt dem MRI, verfügt allerdings nicht über dessen Farbfilter. Der ITS soll zusammen mit einem kleinen Hydrazin-Triebwerk den Impaktor zielsicher zum Kern führen. In etwa zwanzig Kilometer Abstand, bevor alle Instrumente in ein Bombardement von Staub partikeln geraten, wird ITS die schärfsten Bilder eines Kometenkerns schießen, die es je gab. Die Bildauflösung liegt dann bei etwa zwanzig Zentimetern pro Pixel. Nur die europäische Rosetta-Sonde und ihr Lander Philae dürften im Jahr 2014 einen noch besseren Blick auf den Kometen Tschuriumov-Gerasimenko haben.

Die großen Weltraumteleskope werden zwar erheblich zum wissenschaftlichen Erfolg von Deep Impact beitragen, doch sollen auch wichtige erdgebundene Messungen stattfinden. Seit vielen Monaten läuft eine Kampagne, um die Großteleskope bei der Kometenjagd zu koordinieren. Zum Glück wird Tempel 1 im Juli so hell sein, dass auch Amateurastronomen ihn vor, während und nach dem Impakt kontinuierlich überwachen können. Ihre Beobachtungen sind ein unverzichtbarer Teil der Gesamtmission; die Forscher planen sie fest ein (siehe www.deepimpact.umd.edu/stsp).

Kein Zerbersten

Zwar weiß niemand genau, wie Tempel 1 auf den Beschuss reagieren wird, aber kein beteiligter Forscher glaubt ernsthaft, dass der Komet zerbricht. »Die Kollision ist vergleichbar mit dem Zusammenprall eines 18-Tonnen-Trucks und einer Fliege«, sagt der Nasa-Wissenschaftler Donald Yeomans. Der Einschlag des Impaktors wird die Geschwindigkeit des Kometen nur um etwa 0,4 Millimeter pro Stunde verändern und seinen sonnennächsten Punkt gerade einmal zehn Meter an unser Zentralgestirn heranrücken. Die Dauer seines Sonnenumlaufs wird sich um weniger als eine Sekunde verringern. Das herausgeschleuderte Material verbleibt im Kometenorbit und gelangt nicht auf die Erdbahn.

Seit einigen Jahren wird verstärkt über Maßnahmen gegen wirklich »bösartige« Kometen und Asteroiden diskutiert. Die Frage lautet: Was kann die Menschheit gegen Himmelskörper tun, die sich auf Kollisionskurs mit der Erde befinden? Zwar könne Deep Impact solche Grundfragen der »planetaren Verteidigung« nicht beantworten, meint Missionsleiter A'Hearn, aber: »Für eine gute Verteidigungsstrategie muss man möglichst viel über den Angreifer wissen – in diesem Fall über seine physikalischen Eigenschaften. Unsere Mission kann manche dieser Fragen klären.« Um die Erde eines Tages wirkungsvoll zu schützen, werden solche Himmelskörper künftig von ähnlichen Sonden angesteuert werden – zum Beispiel im Rahmen der japanischen Hayabusa-Mission (siehe nächstes Heft).

Die Deep-Impact-Mission wird wichtige Erfahrungen für solche Flüge liefern. Aus Sicht der Öffentlichkeit besteht ihr größter Nutzen darin, den Weg für eine künftige Kometen- und Asteroidenabwehr zu bereiten. Die Wissenschaftler hingegen hoffen in erster Linie darauf, neue Erkenntnisse zur Entstehung unseres Sonnensystems zu erlangen. Aus welchen Gründen auch immer: Wir alle werden um den 4. Juli herum in Richtung Tempel 1 starren. Hoffen wir auf einen klaren Himmel! <<

Elisabeth Warner ist Direktorin am Observatorium der University of Maryland und Ansprechpartnerin des Missionsteams für die Amateurszene. Der Amateurastronom **Greg Redfern** hält im Auftrag der Nasa populärwissenschaftliche Vorträge.

BEIDE FOTOS: STEFAN SEIP

Donald K. Yeomans arbeitet am Jet Propulsion Laboratory (JPL) in Pasadena bei Los Angeles (Kalifornien) und ist für die Berechnung der Flugbahn der Deep-Impact-Mission verantwortlich.

ASTRONOMIE HEUTE: Herr Yeomans, wie genau ist die Bahn des Kometen Tempel 1 bekannt? Genau genug, um ihn mit dem Impaktor zu treffen?

Donald Yeomans: Wir kennen die Bahn des Kometen sehr gut. Dennoch ist es nicht leicht, ihn zu treffen. Sowohl die Sonde als auch der Impaktor können den Kometenkern selbstständig verfolgen, den eigenen Kurs immer wieder anpassen und damit die Aufprallwahrscheinlichkeit entscheidend erhöhen. Die Annäherung an das Ziel erfolgt etwa so wie bei einem Marschflugkörper. Sie geschieht mit Hilfe einer optischen Navigation, die sich an Aufnahmen vom Kometenkern und von Hintergrundsternen orientiert und die Position des Kometen absolut und relativ zur Sonde ermittelt.

AH: Sind Kurskorrekturen auch durch die Bodenkontrolle möglich?

Yeomans: In den frühen Stadien der Mission können wir Deep Impact auch vom Boden aus steuern. Doch auf Grund der fünfzehnminütigen Laufzeit des Signals zur Sonde müssen wir uns kurz vor dem Aufschlag auf die autonome Steuerung verlassen. Ein Eingreifen von der Erde aus ist dann nicht mehr möglich.

AH: Werden wir die Bahn des Kometen nach der Mission besser kennen?

Yeomans: Auf jeden Fall! Das ist eines der Missionziele.

AH: Düsenartig austretende Gase aus einem Kometenkern, so genannte Jets, können wie ein Raketenmotor wirken und die Bahn eines Kometen beeinflussen. Könnte das Auftreten eines solchen Jets kurz vor dem Aufschlag den Missionserfolg gefährden?

Yeomans: Theoretisch ja. Doch nicht ohne Grund wurde gerade dieser Komet als Ziel ausgewählt. Tempel 1 hat schon etliche Sonnenumläufe hinter sich gebracht. Jets treten nur noch selten auf, wahrscheinlich, weil der Kern inzwischen ziemlich ausgegast ist. Dennoch sind solche Ereignisse einkalkuliert. Immerhin besteht die Chance, dass der Impaktor die Kometenoberfläche durchdringt und infolgedessen ein Jet entsteht. Das wäre das denkbar spektakulärste Ergebnis der Mission.

AH: Wann führt der Impaktor seine letzten Kurskorrekturen durch?

Yeomans: Nach der Abtrennung von der Muttersonde kann er drei Kurskorrekturen durchführen, für mehr reicht der Treibstoff nicht. Den letzten Eingriff können wir bei Bedarf innerhalb der letzten fünfzehn Minuten vor dem Einschlag vornehmen. Die endgültige Bahn für das Annäherungsmanöver werden wir bereits Anfang Mai festgelegt haben, danach können wir den genauen Ort und Zeitpunkt des Aufschlags bestimmen.

AH: Kann Deep Impact auch als Test verstanden werden, um eines Tages Asteroiden oder Kometen, die auf Kollisionskurs mit der Erde sind, abwehren zu können?

Yeomans: Nicht im strengen Sinn. Die Wucht des Impaktor-Einschlags reicht nicht aus, um eine bedeutende Kursänderung des Kometen zu bewirken. Der Kometenkopf ist etwa 14 mal 4,5 mal 4,5 Kilometer groß; der Impaktor hat hingegen die Größe einer Waschmaschine und wiegt »nur« 370 Kilogramm. Der Aufschlag entspricht etwa dem Zusammenprall einer Fliege mit einem 18-Tonnen-Truck. Allerdings werden wir durch diese Mission einiges darüber lernen, wie man einen Himmelskörper gezielt treffen und ein schwieriges Dreikörperproblem bewältigen kann.

AH: Teile der Presse und der Öffentlichkeit sind dennoch besorgt, dass der Kurs des Kometen durch den Aufprall verändert werden könnte. Was meinen Sie dazu?

Yeomans: Meist werden solche Bedenken durch Informationsdefizite bewirkt. Der Einschlag kann die Bahngeschwindigkeit des Kometen nicht messbar verändern, allenfalls seine Bahnlage um einige Dutzend Meter beeinflussen. Das ist nur ein Bruchteil der Bahnänderung, die Tempel 1 bei einer seiner Annäherungen an den Planeten Jupiter erfährt.

AH: Welche Art von Krater wird Ihrer Meinung nach beim Einschlag wahrscheinlich entstehen?

Yeomans: Ich persönlich glaube, dass der Impaktor einen kleinen, tiefen Krater reißt und dass dabei eine große Menge an Material herausgeschleudert wird. Wir haben hier im Team eine Wette dazu abgeschlossen. Auf dem Deckel meines Notizbuchs habe ich meiner Fantasie allerdings einmal freien Lauf gelassen und eine ganz andere Variante ins Spiel gebracht. (Yeomans zeigt schmunzelnd sein Notizbuch. Auf der Titelseite prangt eine Zeichnung von ihm, die einen glatten Durchschuss zeigt.)

AH: Herr Yeomans, wo werden Sie sich am 4. Juli zum Zeitpunkt des Einschlags aufhalten?

Yeomans: Ich werde hier im Kontrollzentrum sein und die Daumen drücken, dass wir den Kometen treffen. Insgeheim hoffe ich, dass der Impaktor ein Stückchen des Kometen absprengt. Anhand der Bewegung dieses Trumms könnten wir die Dichte und absolute Masse des Kometenkerns bestimmen. Und natürlich kann ich es kaum noch erwarten, die Bilder vom Aufprall und von der Kraterentstehung zu sehen. <<

Rick Grammier ist Projektmanager der Deep-Impact-Mission.

ASTRONONIE HEUTE: Herr Grammier, warum wurde der Impaktor nicht mit Sprengstoff gefüllt, um die Explosionswirkung zu verstärken?

Rick Grammier: Dafür gibt es zwei Gründe. Einerseits möchten wir das aus dem Kometen herausgeschlagene Material spektroskopisch untersuchen, um dessen chemische Zusammensetzung zu ermitteln. Eine Verunreinigung des Materials durch Sprengstoffreste würde die Messergebnisse verfälschen. Andererseits entspricht die Wucht des Einschlags auch ohne Sprengstoff dem Äquivalent von 4,8 Tonnen TNT. Dieser Wert ergibt sich aus der Masse des Impaktors und seiner hohen Aufprallgeschwindigkeit von 10,2 Kilometer pro Sekunde. Der Impaktor ist beim Einschlag zwanzigmal so schnell wie eine Gewehrkugel, und seine Bewegungsenergie liegt ein Vielfaches über der Energie, die man mit mitgeführtem Sprengstoff freisetzen könnte.

AH: Wie wird die hohe Aufprallgeschwindigkeit erreicht?

Grammier: Nicht die Sonde wird auf solche Geschwindigkeiten gebracht, vielmehr nutzen wir die Bahngeschwindigkeit des Kometen und stürzen uns ihm sozusagen in den Weg.

AH: Ist es ein Zufall, dass Deep Impact am 4. Juli, dem amerikanischen Unabhängigkeitstag, auf den Kometen trifft?

Grammier: Nein. Das haben wir absichtlich geplant, um genau an diesem Tag ein kleines kosmisches Feuerwerk zu zünden. Die Uhrzeit haben wir so gewählt, dass die großen Teleskope auf Hawaii und in Kalifornien den Kometen zum Zeitpunkt des Einschlags beobachten können.

AH: Wird die Helligkeit des Kometen durch den Einschlag zunehmen?

Grammier: Ja, wir erwarten eine Helligkeitszunahme von bis zu vier Größenklassen. Dann könnte man ihn sogar mit bloßem Auge oder mit einem kleinen Fernglas sehen. Wie lange der Helligkeitsausbruch anhält, darüber können wir allerdings nur spekulieren.

AH: Wie hoch schätzen Sie die Chance ein, den Kometen zu treffen?

Grammier: Wenn wir annehmen, dass es die Sonde bis in die Nähe des Kometen schafft, und wenn unsere Vorstellungen vom Kometenkern zutreffen, sehe ich die Trefferwahrscheinlichkeit bei 99 Prozent.

AH: Für den Erfolg der Mission ist es sehr wichtig, die Kraterentstehung zu beobachten. Wie hoch ist die zu erwartende Bildqualität?

Grammier: Im Vergleich zu früheren Missionen erwarten wir eine deutlich höhere Bildauflösung. Während beim Besuch von Halley die kleinsten erkennbaren Details etwa 100 Meter groß waren, bei Borrelly 50 Meter und im Fall der Stardust-Sonde 28 Meter, wird Deep Impact auf Tempel 1 Einzelheiten bis zu 2 Meter Größe erkennen. Der Impaktor, der sein letztes Foto etwa 30 Sekunden vor dem Aufprall funkt, könnte Oberflächendetails mit einer Größe von nur 15 Zentimetern aufnehmen, wenn Staub- und Gasentwicklung in der Nähe des Kometen die Sicht nicht beeinträchtigen.

AH: Können alle Aufnahmen in Echtzeit zur Erde übertragen werden?

Grammier: Nein, dazu sind die Datenmengen zu groß. Der Impaktor funkt seine Bilder zunächst zur Sonde. Diese legt die Daten in einem Festspeicher ab, sendet aber gleichzeitig einen Teil davon zur Erde. Damit wollen wir verhindern, dass wir mit völlig leeren Händen dastehen, falls die Sonde auf ihrem Weiterflug durch die Kometenkoma zerstört werden sollte.

AH: Sicher findet eine Datenkompression statt, um die zu übertragende Datenmenge zu begrenzen. Ist dies mit einem Informationsverlust verbunden, wie er beispielsweise bei komprimierten Bildern im JPG-Format auftritt?

Grammier: Die Bilddaten müssen in der Tat so komprimiert werden, dass gewisse Verluste entstehen. Andernfalls wäre das Datenvolumen zu groß.

AH: Über welche Kameraausstattung verfügen Sonde und Impaktor?

Grammier: Die Raumsonde verfügt über zwei Kameras: Das High Resolution Instrument und das Medium Resolution Instrument. Das HRI hat einen Blickwinkel von etwa sieben Bogenminuten. Im Abstand von 700 Kilometern beträgt der Abbildungsmaßstab 1,4 Meter pro Pixel. Das MRI erfasst den kompletten Kometenkopf mit einem Blickwinkel von fast 0,6 Grad. In 700 Kilometer Abstand sind das sieben Meter pro Pixel. Beide Kameras verfügen über ein Farbfilterrad und jeweils acht verschiedene Filter. Für Farbfotos müssen mindestens drei Farbauszüge nacheinander aufgenommen werden. Der Impaktor hat nur eine Kamera an Bord, den Impactor Targeting Sensor. Er entspricht weit gehend der Technik des MRI, aber ihm fehlt das Farbfilterrad – er kann also nur Schwarz-Weiß-Bilder aufnehmen. Alle drei Kameras enthalten den gleichen 1024-mal-1024-Pixel-Bildchip.

AH: Wo werden Sie am 4. Juli zum Zeitpunkt des Einschlags sein?

Grammier: Als Projektmanager werde ich mich natürlich im Kontrollraum aufhalten. Das erste Bild erwarten wir elf Minuten nach dem Einschlag, zwanzig Minuten später werden Sie es aus dem Internet herunterladen können. Möglicherweise veröffentlichen wir dort zu einem späteren Zeitpunkt auch die Rohdaten. <<

Die Interviews führte **Stefan Seip.** Er ist freier Autor und Astrofotograf in Stuttgart.

MAGISCHE METEORE

Der August ist für viele der liebste Monat: Die Grillkohle sprüht Funken und die Perseiden-Sternschnuppen zischen über den Himmel. **>> Jane Houston Jones**

Vielleicht war Ihre erste himmlische Entdeckung ja ähnlich wie meine. Als ich noch ein Kind war, nahm mein Vater mich mit in ein Sommercamp, wo er die Teilnehmer unterrichtete. Nachts setzten wir uns zusammen, um alte Geschichten zu erzählen und Lieder zu singen. Eines Abends blickte ich nach oben und sah einen hellen, kurzen Blitz am klaren Himmel vorbeihuschen – eine Sternschnuppe. In jener Augustnacht ahnte ich noch nicht, dass ich soeben Zeuge der jährlichen Rückkehr der Perseiden geworden war.

Pünktlich wie die Maurer geben sich die Perseiden jedes Jahr vom 10. bis zum 12. August ein Stelldichein am nächtlichen Himmel, das Dichter inspiriert, ahnungslose Hans Guckindielufts überrascht und manch einen von uns daran erinnert, was für ein erstaunlicher Ort unser Sonnensystem ist. Jedes Mal, wenn ich eine Sternschnuppe sehe, bin ich beeindruckt und begeistert. Dieses himmlische Phänomen haben zweifelsohne schon unsere Ahnen seit Anbeginn der Zivilisation beobachtet. Einen Meteor zu entdecken ist einfacher, als Sie denken. Von einem dunklen Standort aus, fernab von den Lichtern der Großstadt, gibt es das ganze Jahr hindurch im Schnitt alle Viertelstunde eine Sternschnuppe. Bei den Perseiden sprechen Astronomen von einem Sternschnuppenregen, weil Sie vom gleichen Beobachtungspunkt aus Dutzende von Meteoren in der Stunde sehen können – mindestens alle fünf Minuten einen! >

GLOSSAR

Meteore: Sternschnuppen, die sporadisch, als Schauer oder Strom und manchmal als Sturm auftreten. Ströme werden nach dem Stern oder Sternbild benannt, bei dem der Punkt (»Radiant«) liegt, dem sie zu entspringen scheinen.

Meteoroide: Staubkörner, die meist kleiner als ein Millimeter sind (Mikroskopaufnahme links). Sie werden in der Atmosphäre zu normal hellen Sternschnuppen. Meteoroiden bis zur Größe von Felsbrocken sehen wir als »Feuerbälle«.

Meteorite: Reste großer Meteoroiden, die auf dem Erdboden aufschlagen und oft im Flug zerbrechen

Beim Camping mit Studenten in Steamboat Springs, Colorado, fing der Astronom Jimmy Westlake kurz vor Sonnenaufgang einen hellen Meteor der Perseiden vor einem farbigen Polarlichthintergrund ein.

IM AUGUST

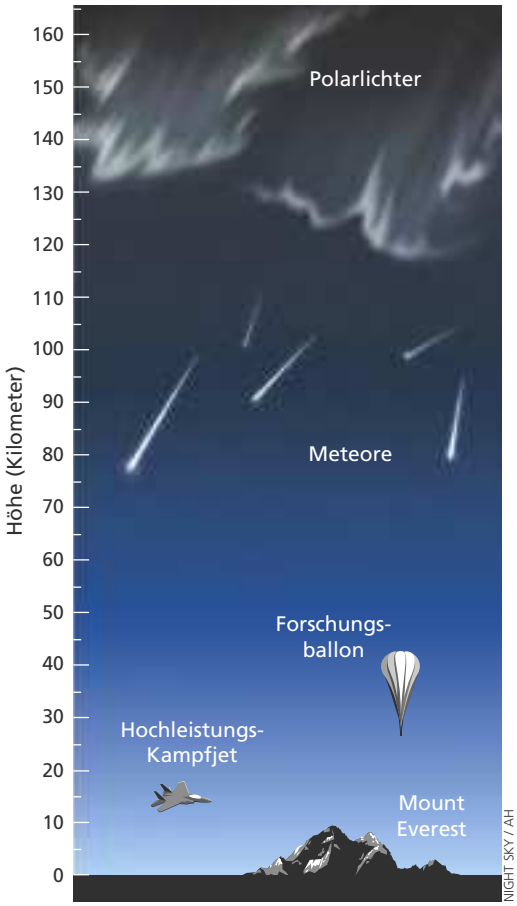
GROSSES FOTO: JIMMY WESTLAKE; KLEINES GLOSSARFOTO: D. BROWNEE, U. WASHINGTON

> Ein Meteor ist ein geheimnisvolles Ereignis mit wissenschaftlich erklärbarem Hintergrund. Zu wissen, wie sie entstehen, macht Sternschnuppen für mich noch interessanter. Du siehst einen Lichtblitz und sagst »Wow!«. Für einen Moment bist du hypnotisiert. Dann möchtest du die nächste Sternschnuppe sehen. Je mehr wir über Meteore erfahren, desto mehr faszinieren sie uns – und umso stärker wird der Drang, sich den nächsten nicht entgehen zu lassen.

Meteor kommt aus dem Griechischen und bedeutet »in der Luft schwebend«. Und das tun die Meteore im Prinzip auch! Wenn ein Mensch eine Höhe von einhundert Kilometern oberhalb der Erdoberfläche erreicht, darf er sich definitionsgemäß Astronaut nennen. Das ist die Höhe, in der die meisten Meteore auftreten – im Bereich zwischen 80 und 120 Kilometer über der Erde (Grafik unten).

Alles fängt damit an, dass Sternstaub (Meteoroide, siehe Glossar) mit sehr hoher Geschwindigkeit in die Erdatmosphäre eintritt – normalerweise mit etwa 15 bis 65 Kilometern pro Sekunde. Obwohl die Atmosphäre in diesen Höhen verschwindend dünn ist, wirken dort gewaltige Kräfte. Die Luftreibung bremst die eintretenden Partikel stark ab. Dabei wird Energie frei, die aber nicht einfach verschwindet, sondern von Atomen in der Luft absorbiert wird, an denen die Partikel vorbeirauschen.

Innerhalb eines Sekundenbruchteils erhöht sich die Temperatur der Luft, an der die kleinen Partikel vorbeiziehen, auf bis zu 2500 Grad, um dann genauso schnell wieder abzukühlen. Dabei entsteht Licht. Das Ergebnis ist eine lange, dünne Lichtsäule glühender atmosphärischer Atome – der Schweif des Meteors –, nur wenige Meter breit, aber oft über dreißig Kilometer lang.



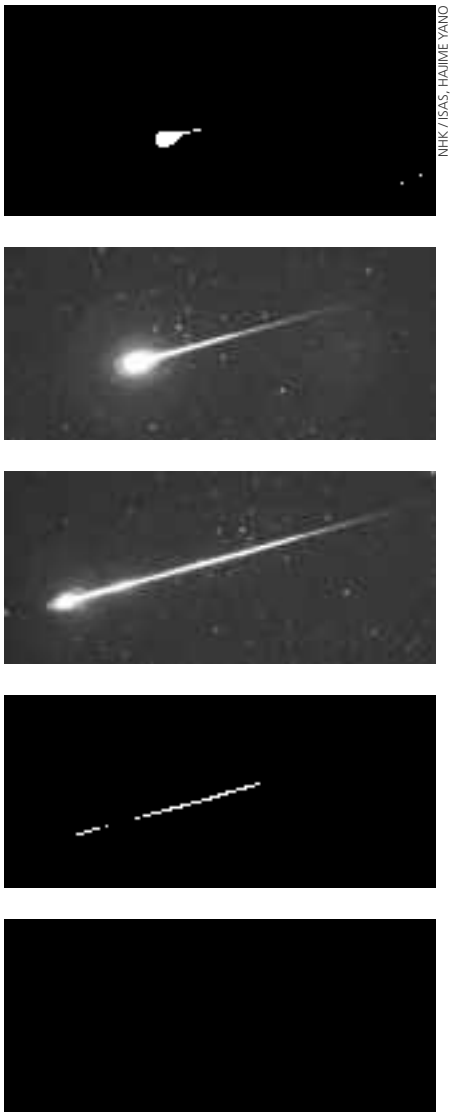
Atmosphärische Bremsspur

Jeder Meteor, ob hell oder schwach, kommt auf diese Weise zu Stande. Anders als die meisten Leute glauben, ist die Sternschnuppe nicht der Sternstaub, der im Begriff ist aufzuflammen (obwohl er in der Tat verbrannt wird), sondern vielmehr das aufblitzende Licht der überhitzten, ionisierten Luft. Welche Farbe das Licht hat, hängt von der Temperatur der Atome und Moleküle ab.

Die meisten Meteore, die man am Himmel sieht, werden von Partikeln verursacht, die nicht größer sind als ein Sandkorn oder eine kleine Erbse. Selbst die allerhellsten Feuerbälle, die so stark leuchten, dass sie einen Schein auf den Erdboden werfen und manchmal für einen Moment die Nacht zum Tag werden lassen, sind bloß das Werk von Kieselsteinen oder kleinen Brocken. Wenn etwas von der Größe eines Basketballs in die Atmosphäre eintritt, kann es auf der Stelle mit einem ohrenbetäubenden Knall explodieren. Diese selteneren Phänomene werden Boliden genannt. Astronomen schätzen, dass täglich bis zu zweihundert Tonnen »Weltraumschutt« durch die Atmosphäre fliegt, aber nur etwa zehn Kilogramm davon erreicht in Gestalt von etwa hundert Meteoriten den Boden (siehe Glossar).

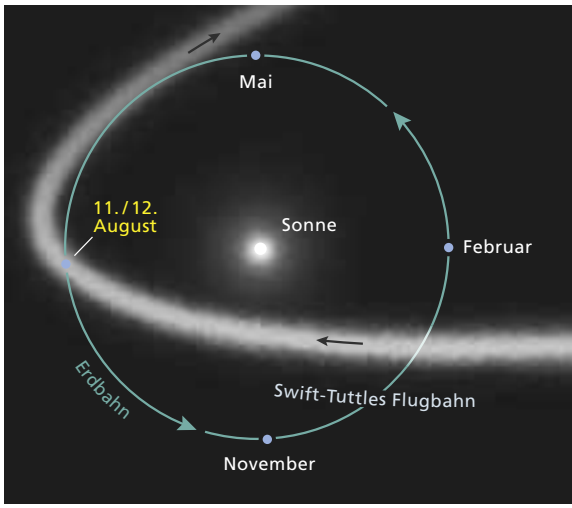
Meteore können am besten nach Mitternacht beobachtet werden. Dann hat die Erde sich so weit gedreht, dass wir nach Osten in »Fahrtrichtung« blicken – die der Erde um die Sonne nämlich (Grafik S. 35 oben links). Dann kommen uns die Meteore entgegen. So wie Sie während einer Autofahrt mehr Schneeflocken oder Regentropfen auf die Windschutzscheibe bekommen als auf das Schiebedach- oder gar Heckfenster. Weltraumstaub, der »von vorne« auf die Atmosphäre trifft, schlägt mit höherer Geschwindigkeit ein und verursacht einen helleren Meteor, als wenn er die Erde einholen muss. Deshalb lohnt es sich, später als Mitternacht nach Meteoren Ausschau zu halten und bis zum Tagesanbruch wach zu bleiben.

Erst Ende des 18. Jahrhunderts freundeten sich die Astronomen mit der Idee



Feuerball für eine Sekunde Japanische Forscher nahmen 1999 von einem Flugzeug aus diese fünf Bilder eines Boliden auf.

Zum Greifen nah scheinen Sternschnuppen. Sie befinden sich aber weit oben in der Erdatmosphäre, an der Grenze zum Weltraum in einhundert Kilometer Höhe.



NIGHT SKY / AH

Frontalzusammenstöße sind heftiger als Auffahrunfälle! Interplanetare Teilchen (Meteoride) schlagen auf der »vorderen« Seite der Erde mit größerer Energie ein als solche, die uns auf der Rückseite einholen müssen (oben). Wie eine riesige Dampflok stoßen Kometen in Sonnennähe bis zu zehn Tonnen Staub pro Sekunde aus. Im August durchfliegt die Erde die Abgase des Kometen Swift-Tuttle (rechts).

an, dass Meteore und Meteoriten aus dem All kommen. Bis dahin dachten die meisten Wissenschaftler, es handle sich um rein atmosphärische Phänomene. Selbst Thomas Jefferson, eigentlich ein Vordenker seiner Zeit, war skeptisch, wenn Augenzeugen von herabgefallenen Meteoriten berichteten.

In den 30er Jahren des 19. Jahrhunderts bemerkten drei Himmelsbeobachter in den USA und Europa unabhängig voneinander, dass es an ein paar Tagen Mitte August viel häufiger Meteore am Himmel gibt als sonst. Diese Sternschnuppen schienen alle von einem zentralen Punkt auszugehen, der im Sternbild Perseus lag – daher der Name Perseiden. Während vieler Jahrhunderte zuvor nannte man diese jährlichen Meteorregen Laurentius-Tränen, im Gedenken an den am 12. August 258 gemarterten Heiligen.

Der Perseidenschauer ist mehr als eine Laune der Natur, ein mystisches Geheimnis oder reiner Zufall. Einige der Perseiden können Sie schon Ende Juli sehen, aber seinen Höhepunkt erreicht das Feuerwerk aus Sternschnuppen um den 12. August – dann, wenn die Erde am dichtesten an der Umlaufbahn des Kometen 109P/Swift-Tuttle vorbeikommt. Auf seiner sehr langen, ausgedehnten Umlaufbahn um die Sonne durchquert dieser Komet alle 130 Jahre das Innere unseres Sonnensystems (Grafik oben rechts).

Von Sonnenstrahlen verdampft

Immer wenn Swift-Tuttle sich der Sonne nähert, heizt sich seine eisige Oberfläche auf und entlässt große Gaswolken ins All. Diese Wolken enthalten auch einige Steine und Staub. Im Lauf der Zeit verteilt sich der Schutt entlang dem Weg, den der Komet auf seiner Umlaufbahn um die Sonne nimmt. Jeden August kommt die Erde besonders dicht an der Kometenumlaufbahn vorbei: Dann treten kleine Partikel, die Swift-Tuttle vor langer Zeit an dieser Stelle zurückgelassen hat, in die Atmosphäre ein und flackern als Meteore am Himmel auf.

Die Perseiden sind jedoch nur einer von vielen Meteorschauern, die im Lauf des Jahres auf uns herunterregnen. Die bekanntesten sind in der Tabelle unten links aufgelistet. Da diese Schauer von Kometen mit unterschiedlichen Umlaufbahnen stammen, haben sie ganz bestimmten Charakteristika, anhand derer man sie unterscheiden kann. Zum Beispiel sind Perseidenmeteore schnell, hell und hinterlassen in der Regel ein anhaltendes geisterhaftes Glühen entlang ihrer Flugbahn. Die Leoniden Mitte November sind genauso flink, leuchten aber normalerweise schwächer. Die ein paar Tage zuvor erscheinenden Tauriden sind wiederum hell, aber nicht so schnell.

Wie schon erwähnt hängt der Name eines Meteorschauers mit dem Sternbild zusammen, in dessen Bereich der Punkt liegt, aus dem die Meteore zu entspringen scheinen. Dieser Punkt muss möglichst hoch über dem Horizont stehen, damit wir recht viel von dem Schauer zu sehen bekommen. Um Perseus auszumachen, schauen Sie zuerst nach Atair, Wega >

Die besten Sternschnuppenschauer des Jahres

Meteorschauer	Radiant und seine Himmelsrichtung	Maximum am Morgen des …	stündliche Rate (dunkler Himmel)	Ursprungskomet
Quadrantiden	Drache (NO)	3. Januar	120	?
Lyriden	Leier (O)	22. April	18	C/1861 G1 (Thatcher)
Eta Aquariden	Wassermann (O)	6. Mai	60	1P/Halley
Eta Aquariden (Süd)	Wassermann (S)	28. Juli	20	?
Perseiden	Perseus (NO)	12. August	60–100	109P/Swift-Tuttle
Orioniden	Orion (SO)	21. Oktober	23	1P/Halley
Leoniden	Löwe (O)	17. November	20–?	55P/Tempel-Tuttle
Geminiden	Zwillinge (S)	14. Dezember	75–120	3200 Phaethon

NIGHT SKY; STEVEN A. SIMPSON

NIGEL EVANS

Die Perspektive machts! Obwohl die Schienen der Bahngleise parallel verlaufen, sehen unsere Augen sie so, als würden sie an einem Punkt in der Ferne zusammenlaufen (oben). Genauso scheinen auch Meteore von einem zentralen Punkt auszugehen (rechts). Die Fotomontage aus achtminütigen Belichtungen zeigt über 70 Leoniden des legendären Meteorsturms von 1999.

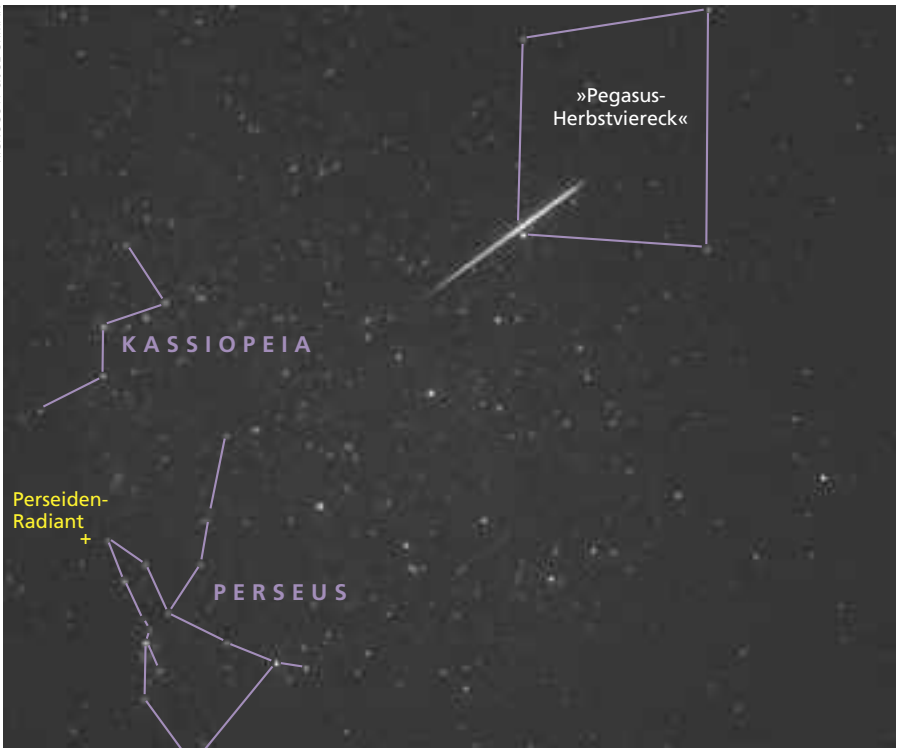
> und Deneb, den drei hellsten Sternen des Sommerdreiecks (Übersichtskarte auf S. 46). Deneb im Sternbild Schwan steht fast im Zenit und bildet die Spitze des »Großen Kreuzes«, wie der Schwan auch genannt wird.

Folgen Sie dem Kreuz!

Verlängern Sie den langen Balken des Kreuzes über Deneb hinaus in Richtung Nordosthorizont, dann sehen Sie nach zwei Kreuzlängen das berühmte »Himmels-W« des Sternbilds Kassiopeia. Im August steht Perseus direkt unter Kassiopeia unmittelbar über dem Horizont und braucht bis zur Morgendämmerung, um sich zum Zenit hinaufzuschwingen.

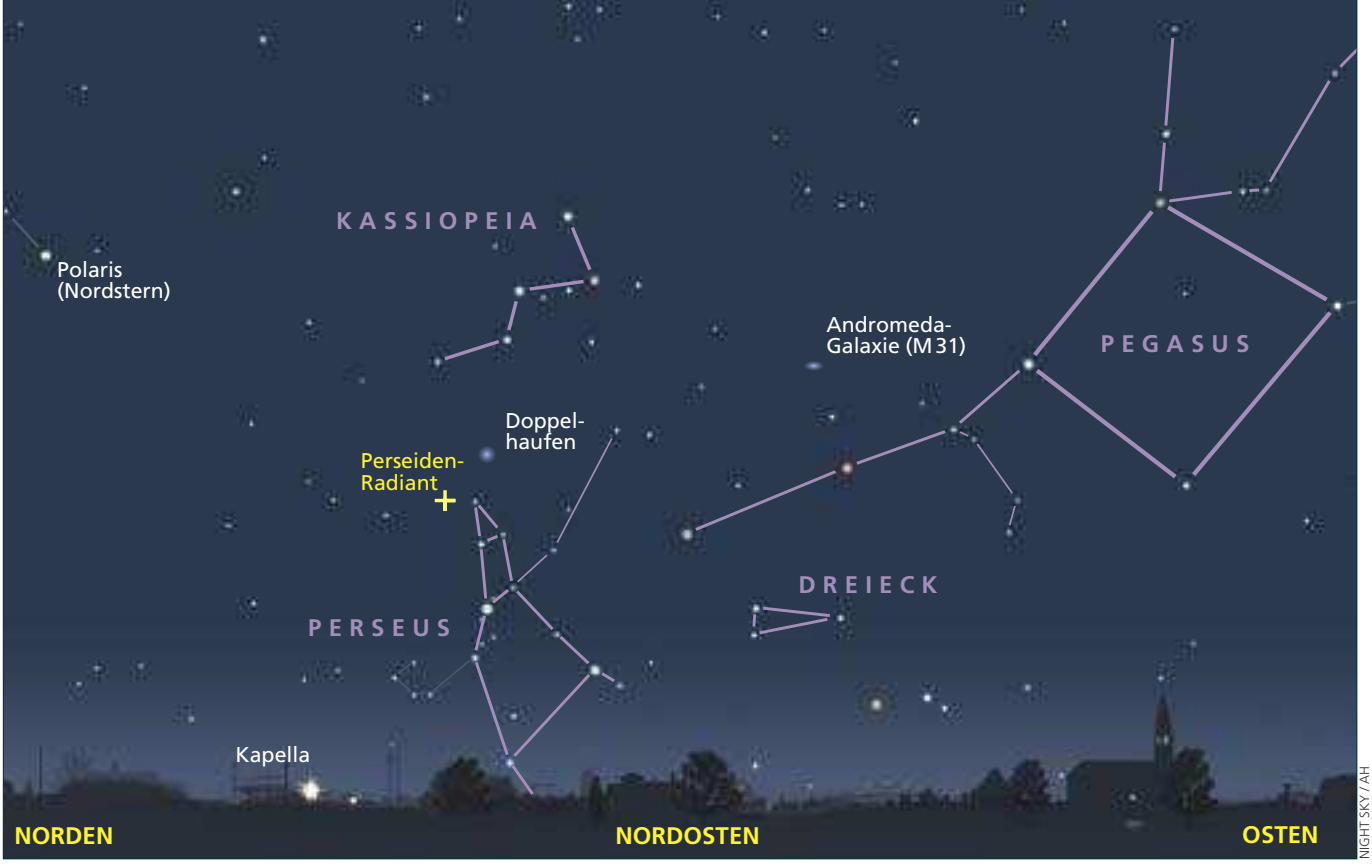
Die Perseiden kehren jeden Sommer pünktlich wieder und liefern uns am Himmel eine beeindruckende Vorstellung ab. Von Ende Juli bis Ende August werden Sie jede Nacht ein paar Perseiden zu Gesicht bekommen. Diese lang andauernde Sichtbarkeit kommt dadurch zu Stande, dass die Erde eine breite und ausschweifende Wolke von Kometenstaub passiert. Die meisten Sternschnuppen werden zu sehen sein, sobald die Erde sich am dichtesten am Kern dieser Wolke befindet – am 12. August, leider erst nach Sonnenaufgang. Da die Rate an Meteoren von Mitternacht bis dahin stetig zunimmt, lohnt es sich, möglichst lange durchzuhalten oder sich erst schlafen zu legen und um 3 Uhr Sommerzeit wieder aufzustehen. Das ist nämlich die letzte Stunde vor Anbruch der Dämmerung.

Von einem dunklen Standort auf dem Land aus dürften Sie bei wolkenlosem Himmel und klarer Luft im Durchschnitt fast in jeder Minute eine Sternschnuppe zu sehen bekommen. Unter weniger optimalen Bedingungen wie in den Vororten einer größeren Stadt dürfte sich die Rate ungefähr halbieren. Aber lassen Sie sich von Statistiken nicht davon abhalten, auch am Vorabend und am Abend danach den Blick so oft es geht gen Himmel zu richten, vielleicht nach einem gemütlichen Grillabend einfach noch eine



RICK SCOTT & JOE ORMAN

Schuss und – Toooor! Auf diesem Foto von 1997 knallt ein brillanter Perseiden-Feuerball unhaltbar in den Kasten des Pegasus wie ein Michael-Ballack-Elfmeter ins gegnerische Gehäuse. Unter dem ersten »A« der Kassiopeia ist schemenhaft eine zweite Sternschnuppe zu sehen, unweit des Doppelsternhaufens h & χ Persei.



Nach Mitternacht dreht sich das Sternbild Perseus langsam im Nordosten um den Polarstern Richtung Zenit. Damit erhöhen sich die Chancen, Perseiden oberhalb des aufgehellten Horizonts vorbeihuschen zu sehen. Mit einem Fernglas können Sie versuchen, eine schöne Konstellation im Perseus und der majestätischen Andromeda-Galaxie M31 zu sehen.

Weile im Gartenstuhl sitzen zu bleiben und die Lehne zurückzukippen. Irgendeine helle Sternschnuppe wird sicher durch Ihr Blickfeld huschen.

Außerdem kann es an den Abenden vor und nach dem Maximum zu Zugaben kommen. Denn die Meteoroiden sind nicht ganz gleichmäßig verteilt, bei jeder Passage durch das innere Sonnensystem zieht der Komet neue »Kondensstreifen«. Je nachdem, wie die Erde durch diese Spuren stiebt, kann es zu »Nebenmaxima« kommen, die manchmal nur eine Viertelstunde dauern. Diese Extrapartikel werden Swift-Tuttles Trip durch das innere Sonnensystem im Jahr 1862 zugeschrieben.

Sternschnuppen von allen Seiten

Im August gibt es noch zwei weitere schwächere Meteorschauer sowie eine erhöhte Anzahl sporadischer Sternschnuppen. Wenn Sie eine sehen, verfolgen Sie in Gedanken ihren Weg zurück zu ihrem Ausgangspunkt. Liegt der Start der Flugbahn nicht im Sternbild Perseus, haben Sie wahrscheinlich ein schwaches, langsames Mitglied der Delta-Aquariden gesehen oder einen langsamen, aber hellen Kappa-Cygniden.

Nun, da Sie auf die Perseiden vorbereitet sind, gehen Sie hinaus und erfreuen Sie sich an ihnen! Sie brauchen keine besondere Ausrüstung, um die Show zu genießen. Allerdings sollten Sie es sich so bequem wie möglich machen, damit Sie keinen steifen Nacken bekommen, wenn Sie stundenlang in den Himmel starren. Auch wenn die Augustnächte vermutlich lau werden, sollten Sie trotzdem Jacke und Schlafsack mitnehmen. Ich habe immer eine Thermosflasche mit heißem Kakao dabei. Und die Mücken? Man sollte an ein Mückenspray denken oder sich mit entsprechenden Schutzcremes einreiben. Von dunklen Standorten werden Sie mehr Sternschnuppen sehen. Also ist es sinnvoll, außerhalb der großen Städte zu campen oder zumindest so weit wie möglich aus der Stadt herauszufahren. Wenn das nicht machbar ist, setzen Sie sich in den Garten und schalten Sie alle Außenbeleuchtungen aus. Und versuchen Sie, auch Ihre Nachbarn zu überreden, die Lichter auszumachen. Laden Sie sie doch einfach ein zur gemeinsamen Jagd auf Sternschnuppen.

Die Perseiden können zwar überall am Himmel auftreten, aber der beste Platz, um nach ihnen zu suchen, ist rund 45 Grad vom Radianten entfernt. Eingefleischte Sternschnuppenjäger suchen sich dementsprechend ihre bevorzugten Plätze aus und beobachten aus einem Auto mit verstellbarer Rückenlehne oder einem Liegestuhl heraus.

Wenn Sie es sich einmal unterm klaren und dunklen Sternhimmel gemütlich gemacht haben, werden Sie feststellen, dass Sie der Sommerhimmel kaum wieder loslässt: Die Milchstraße überspannt den dunklen Himmel, die hellen Sommersterne werden auf ihrem Weg nach Westen vom roten Planeten Mars verfolgt, nachdem Jupiter und Venus als Abendsterne bereits in der Dämmerung untergegangen sind. Der acht Tage alte Mond gibt nach 23 Uhr ebenfalls die Bühne frei. Dann gewöhnen sich Ihre Augen besonders gut an die Dunkelheit, aus der die Meteore blitzartig auftauchen und wieder verschwunden sind, bevor Sie auch nur daran denken können, den Arm zu heben, um sie anwesenden Freunden zu zeigen. <<

Jane Houston Jones hat mehrfach Sternschnuppen von Forschungsflugzeugen der Nasa aus beobachtet. Derzeit ist sie in der Abteilung Öffentlichkeitsarbeit des Jet Propulsion Laboratory für die Cassini-Mission beschäftigt.

DIE NÄCHSTEN SCHRITTE AUF DEM ROTEN PLANETEN

Rund um den Globus tüfteln Forscher an neuen Plänen zur Erkundung des Mars. Werden sie dort auf Leben stoßen?

>> Thorsten Dambeck

Packeis am Äquator und Spurengase möglicher Mikroben in der dünnen Marsluft: Spektakuläre Nachrichten vom Roten Planeten erreichen uns beinahe täglich. Dazu der Plan des amerikanischen Präsidenten George W. Bush, Mars-Astronauten auf die Reise zu schicken. Seit den Apollo-Flügen zum Mond vor über drei Jahrzehnten hat kein Himmelskörper mehr die Menschheit so fasziniert wie der Mars. Und seit dem legendären Weltraumwettlauf zwischen Russen und Amerikanern ist kein Körper des Sonnensystems Ziel eines derart ehrgeizigen Raumfahrtprogramms gewesen, wie es sich heute für den Mars abzeichnet. Wie schon in den 1960er Jahren sollen unbemannte Robotersonden den Weg für die zukünftigen Marsionauten ebnen.

Bereits jetzt ist das Verkehrsaufkommen am Mars beträchtlich, denn fünf automatische Orbiter und Rover haben vor Ort Stellung bezogen. Der europäische Mars Express kreist als jüngstes Mitglied dieser Sonden-Flottille seit rund 18 Monaten um den Roten Planeten und schießt mit seiner deutschen HRSC-Kamera spektakuläre Farbfotos in 3-D. Die altgedienten US-Marssatelliten Global Surveyor und Odyssey haben zwar ihr Soll erfüllt, stehen den Forschern aber weiter zur Verfügung. Insbesondere dienen sie den ebenfalls unermüdlich arbeitenden Nasa-Rovern Spirit und Opportunity als Relaisstationen für die Datenübertragung aus den Landegebieten.

Marathoneinsatz für die Wissenschaft

Dort trotzen die beiden Marsmobile immer noch den harschen Umweltbedingungen, obwohl ihre ursprünglich geplante Missionszeit bereits abgelaufen ist. Die emsigen Zwillingsgefährte haben nicht nur überraschend schnell ihren Job als Spurensucher vergangener Marsfluten erledigt, sondern entpuppen sich inzwischen auch als echte Marathonläufer. Und ihr weiterer Einsatz soll nicht am Geld scheitern: Kürzlich hat die Nasa die Mittel für die Verlängerung der Rovermission bis September 2006 locker gemacht.

Doch sowohl Nasa und Esa als auch die russische Weltraumbehörde Roskosmos planen weiter. Die nächste Mission wartet bereits startbereit auf ihren Marschbefehl: Es ist der amerikanische Mars Reconnaissance Orbiter (MRO), dessen Kamera den Argusaugen militärischer Spionagesatelliten in nichts nachsteht. »Mister O«, wie er in der Szene scherzhaft genannt wird, hat vor allem eine Aufgabe: Er soll Zielgebiete für künftige Landemissionen ausspähen.

Die zukünftigen Robotermissionen sind noch nicht in allen Details festge-

Mars Science Lab Die nächste Rover-Generation der Nasa ist vor allem auf langen Strecken zu Hause.

BEIDE BILDER: NASA, JPL

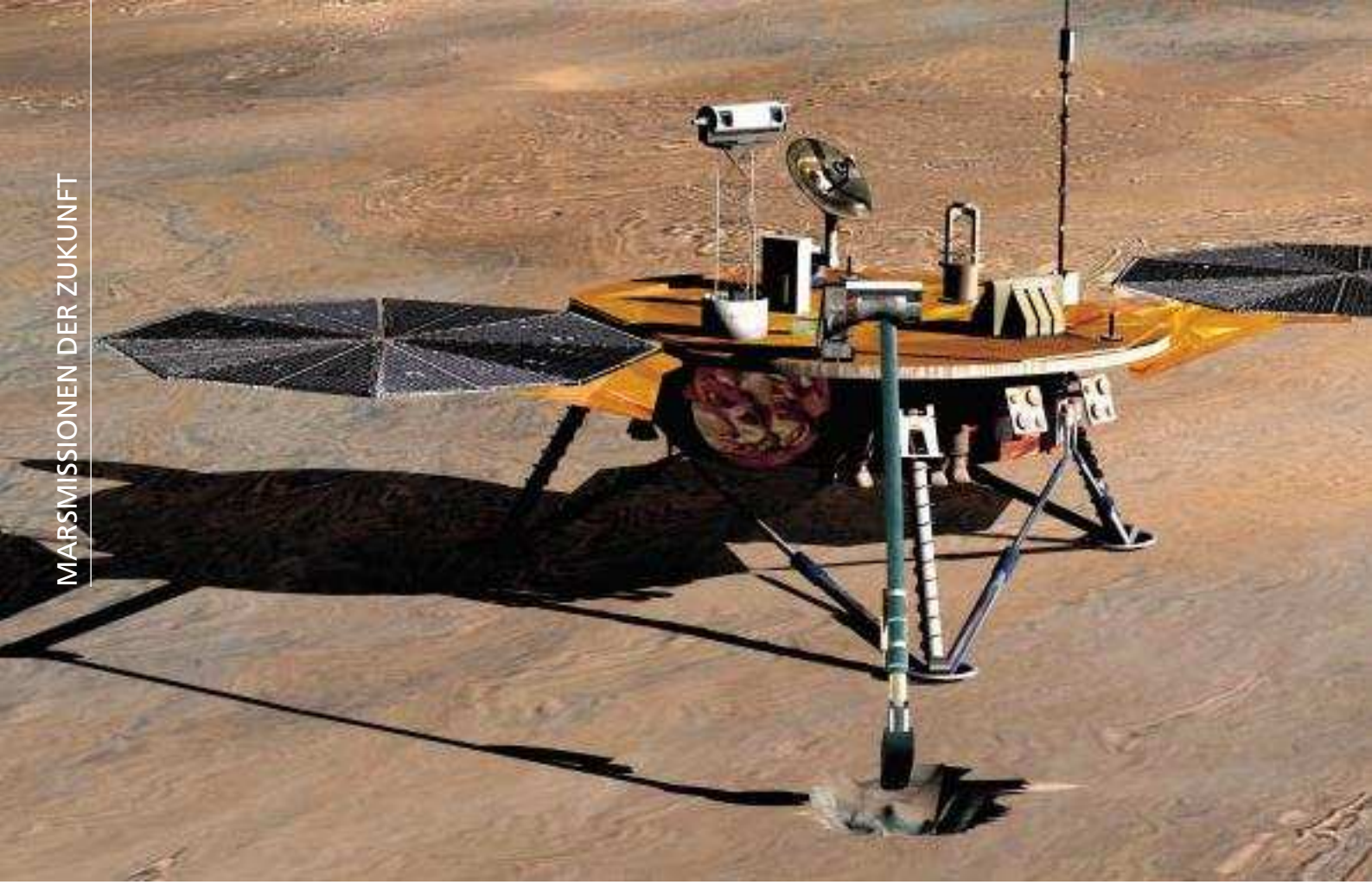
legt, denn das gesamte Marsprogramm soll sich über mehrere Jahrzehnte erstrecken. Für neue technische Konzepte und die Erkenntnisse künftiger Missionen muss daher genügend Spielraum bleiben. Die kommenden zehn Jahre lassen sich jedoch schon gut überschauen, denn insbesondere die amerikanischen Pläne sind bereits weit gediehen.

Phoenix aus der Asche

Mindestens zwei Landegeräte mit Nasa-Emblem sollen sich danach auf den Weg machen. Im Mai 2008 ist die Landung von Phoenix geplant, einem direkten Nachfahren des unglücklichen Polar Lander, der vor sechs Jahren nahe dem marsianischen Südpol bei seinem Landeanflug zerschellte und dessen Reste man gerade auf Aufnahmen des Mars Global Surveyor wiedergefunden haben will (siehe »Lost and found«, S. 20). Danach steht der große Bruder der heutigen Zwillingsrover auf der Startliste: das »Mars Science Laboratory« (MSL). Experten erwarten eine Verschiebung dieser ursprünglich für 2009 geplanten Baureihe neuer Langstreckenrover auf einen Starttermin im Jahr 2011 – eine Atempause, die es den Amerikanern erlauben soll, wie mit Spirit und Opportunity zwei Marsmobile auf einmal zum Roten Planeten zu schicken.

Phoenix und MSL werden endlich wieder eine Frage auf die Tagesordnung setzen, die Öffentlichkeit und Forscher gleichsam fasziniert: Tummelten sich einst Lebensformen auf unserem äußeren Nachbarplaneten, als dort das Klima noch feuchter und wärmer war? Oder haben >

Ablösung im Marsorbit Der Mars-Reconnaissance-Orbiter startet im August zum Roten Planeten.



> Mikroben gar bis zum heutigen Tag in geschützten Oasen überdauern können?

Seit den biologischen Experimenten der amerikanischen Viking-Lander ist zur Beantwortung dieser Fragen auf dem Mars nicht viel Neues passiert. Damals, in den 1970er Jahren, konnten die Sonden an ihren Landeplätzen keine Mikroben nachweisen. Und so geriet die Marserkundung für eineinhalb Jahrzehnte ins Stocken. Auch Spirit und Opportunity sind nicht mit exobiologischen Experimenten ausgestattet. Ihre Sensoren wurden vielmehr für die Suche nach ehemaligen Marsgewässern optimiert. Doch das Bild von der sterilen, eisigen Marswüste, das sich die Forschergemeinde nach dem ernüchternden Viking-Befund zurechtlegte, ist bereits vor längerer Zeit ins Wanken geraten. Einerseits haben Biologen auf der Erde Leben an denkbar unwirtlichen Orten aufgespürt. So können etwa Algen in den eiskalten Trockentälern des Südpols unter der Gesteinskruste dortiger Felsbrocken überleben. Auch im ewigen Dunkel kilometertiefer Gesteinsschichten fand man vor sich hin dämmernde Mikrobenkolonien. Und andererseits sammelten Planetologen Indizien, dass auch der heutige Mars nicht völlig trocken ist.

Ihre Hoffungen setzen die Marsbiologen zum Beispiel auf die Polargebiete des Planeten. »Momentan ist es dort zwar zu kalt für flüssiges Wasser. Doch Variationen der Marsumlaufbahn, die etwa alle 50 000 Jahre wiederkehren, ermöglichen ein wärmeres Klima in den nördlichen Ebenen des Mars«, vermutet Peter H. Smith von der University of Arizona. Der Forscher hält es für möglich, dass Marsmikroben die Warmzeiten nutzen, während sie in den unfreundlicheren Klimaphasen in einem ausgedehnten Winterschlaf besseren Zeiten entgegenschlummern. Smith ist der wissenschaftlicher Leiter des Phoenix-Landers, der erstmals die Polargebiete des Roten Planeten zwischen 65 und 72 Grad nördlicher Breite inspizieren soll. Erst kurz vor dem Start im September 2007 wird der genaue Landeplatz festgelegt. Momentan nehmen er und seine Kollegen vier potenzielle Gebiete genauer unter die Lupe.

Auf Eis gelegt

Das dreibeinige Vehikel (siehe großes Bild oben) besitzt einen zwei Meter langen Schaufelbaggerarm. Damit soll Phoenix nach dem Wassereis schürfen, das der Odyssey-Orbiter vor drei Jahren vor allem in den höheren nördlichen und südlichen Breiten aufgespürt hat. Unter der Oberfläche, buchstäblich auf Eis gelegt, sind möglicherweise Biomoleküle und damit Indizien auf Lebensformen verborgen. »In diesen Regionen können komplexe organische Moleküle besser überdauern als an den Viking-Landeplätzen«, erklärt Smith gegenüber ASTRONOMIE HEUTE. Das völlige Fehlen organischen Materials an den Landestellen hatte die Marsforscher bereits in den 1970er Jahren überrascht. Stark oxidierende chemische Bodensubstanzen hätten wahrscheinlich alles Organische zersetzt, vermuteten die Viking-Forscher. Doch gilt dieser Befund auch für andere Marsregionen?

Unter der Oberfläche der Phoenix-Landestelle hoffen die Wissenschaftler auf Antworten zu stoßen. Bei seinen Grabungen wird der Roboterarm von einer speziellen Kamera mit Leuchtdioden unterstützt, die an seiner Schaufel angebracht ist. »Damit können wir in das Loch hineinleuchten und die verschiedenen Bodenschichten fotografieren«, erklärt Horst-Uwe Keller vom Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung (MPS) in Katlenburg-Lindau, das die »Robotic Arm Camera« beigesteuert hat. Bis zu ei-

NASA, JPL, CORBY WASTE UND U. ARIZONA LUNAR AND PLANETARY LAB, PHOENIX TEAM

Vorstoß ins Polargebiet Der Phoenix-Lander (Bild links) der Nasa soll im Jahr 2008 auf dem Roten Planeten nach Wassereis schürfen. Vor allem in den höheren Breiten erwarten es die Planetologen bereits dicht unter der Marsoberfläche. Die gleißend helle Nordpolarkappe unseres Nachbarplaneten (unten): Dort sind vermutlich organische Moleküle auf Eis gelegt.

MSSS

nen Meter tiefe Gräben soll Phoenix buddeln und die Proben aus der Tiefe auf Biomoleküle untersuchen. Keller schränkt jedoch ein: »Ob wir wirklich diese Tiefe erreichen, hängt auch vom tatsächlichen Eisgehalt im Boden ab« – will heißen: Wie hart gefroren der Marsboden tatsächlich ist, wird sich erst vor Ort herausstellen. Und was passiert, wenn das Bodeneis schmilzt? Die Marsforscher haben nicht die Geduld, Jahrtausende auf die nächste Warmzeit zu warten, sondern wollen der Natur lieber auf die Sprünge helfen.

Atomgetrieben durchs Gelände

Dazu hat Phoenix irdisches Wasser im Gepäck, mit dem er den Marsboden befeuchten soll. Die prinzipielle Bewohnbarkeit des quasi angetauten Marsbodens soll damit untersucht werden.

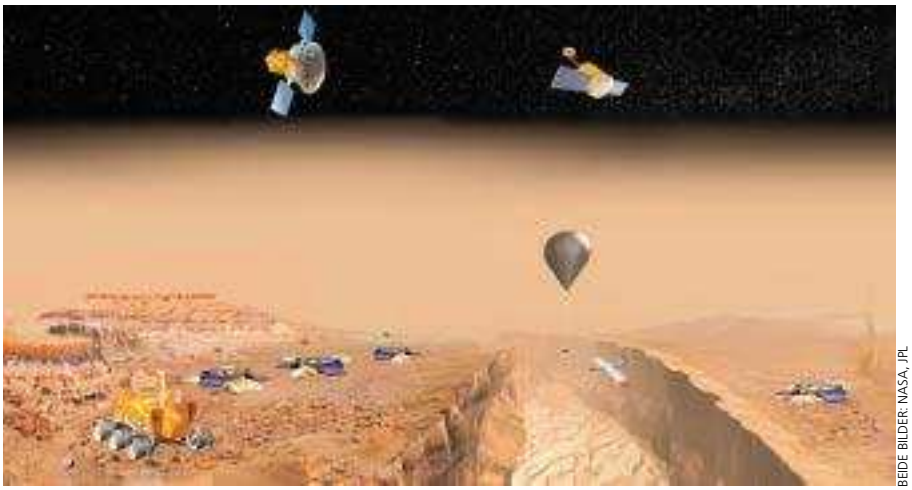
Doch die Nasa hat auch nicht den Erfolg ihrer mobilen Publikumslieblinge Spirit und Opportunity vergessen. Nach deren Vorbild sollen daher Anfang des kommenden Jahrzehnts die neuen MSL-Rover wieder im Marsgeröll herumstöbern. Die Schwergewichte werden mit dem dreifachen Gewicht und der zehnfachen Nutzlast der heutigen Rover über den Marsboden rollen. Internationale Beiträge zur Mission sind eine spanische Wetterstation und ein russischer Wasserstoffsensor, der auch Bodenwasser aufspüren soll. Als Stammgast wird wieder das »Alpha-Particle X-ray-Spectrometer« (APXS) zur Gesteinsanalyse mitfliegen. Ursprünglich an der Universität Mainz entwickelt, schnüffelte das Instrument bislang auf jedem Marsmobil nach chemischen Elementen im Geröll. Sein Marsdebüt wird dagegen »ChemCam« geben: Das US-Instrument soll mit einem Laser noch zehn Meter entferntes Gestein chemisch analysieren.

Wahrscheinlich wird die Nasa MSL mit einer Radioisotopenbatterie ausrüsten, die Zerfallswärme von radioaktivem Plutonium in Strom umwandelt. Solche Atombatterien versorgten schon die Viking-Lander, die deshalb auch bis zu sechs Jahre durchhielten. Solarzellen, die den Strom für alle bisherigen Rover erzeugten, gelten für Langzeitmissionen am Boden als Risikokandidaten. Denn der von Marswinden aufgewirbelte Feinstaub setzt sich auf den Zellen ab und blockiert das lebenswichtige Sonnenlicht. Nach und nach wird Elektromobilen so der Saft abgedreht, wenn sie nicht gerade wie Spirit und Opportunity das Glück haben, dass ein Marssturm ihre Solarzellen wieder sauberpustet.

Weiterentwickelte Rovertypen dürften auch eine wichtige Rolle in der geplanten »Mars Sample Return«-Mission (MSR) spielen – der ersten Marsfahrt mit Rückfahrticket. Denn MSR soll Marsgestein zur Erde bringen, wo es in irdischen Labors ungleich besser analysiert werden kann als in den simplen Automatiklabors vor Ort. Momentan rechnen die Planer der MSR-Mission mit einem Starttermin im Jahr 2016. Aufgabe der Rover wird dabei die Bergung von Gesteinsproben sein, denn nur wenn diese in einem weitläufigen Gelände eingesammelt werden, ist die Chance groß genug, wirklich interessante Proben zu erwischen. Das haben die Forscher von Spirit und Opportunity gelernt.

Europas zweiter Anlauf

Und außerhalb der USA? Welche Pläne hat Europa nach dem Erfolg des Mars Express Orbiter? Die Entscheidung für die nächste Mission wollen die europäischen Forschungsminister im kommenden Dezember fällen. Bis dahin wird noch um die Details gerungen, einige Eckpunkte der angepeilten Mission scheinen jedoch bereits ausgemacht. Los geht's demzufolge 2011 auf der Spitze ei- >



BEIDE BILDER: NASA, JPL

Alles klar zum Rückflug »Mars Sample Return« (MSR) soll Gesteinsproben zur Erde bringen (oben). Geht es nach der Nasa, wird eine ganze Armada von Fahrzeugen den Roten Planeten im nächsten Jahrzehnt erkunden (unten).

> ner Sojus-Rakete. Nach zweijähriger Reise soll erneut eine Landung auf dem Roten Planeten versucht werden. Die Beagle-Schlappe hat die Esa eher noch darin bestärkt, ihr Know-how zumindest im zweiten Anlauf in einen Erfolg umzuwandeln. Die Missionsplaner stellen sich bisher einen stationären Lander kombiniert mit einem Rover vor. Ob dieser jedoch wie in der viel zitierten ExoMars-Studie aussehen wird oder vielmehr eine kleinere und billigere Marskarosse das Rennen macht, müssen die Planer bis Jahresende noch entscheiden.

Viel Wasser unterm Geröll

Wie schon bei Beagle 2 wollen die Europäer wieder den Marsboden anbohren und Proben aus ein bis zwei Meter Tiefe ans Tageslicht fördern. Lutz Richter vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) kann sich ein rund hundert Kilogramm schweres Marsmobil vorstellen, dessen Reichweite aber begrenzt wäre: »In Sichtweite des Landers würden damit neben den Beagle-Experimenten auch Techniken für den künftigen Rover der MSR-Mission ausprobiert«, prognostiziert der DLR-Forscher. Sein maulwurfartiger Bohrer, der Weihnachten 2003 zusammen mit Beagle verloren ging, könnte dann vom Rover aus eingesetzt werden. Ein Vorteil dieser Bohrtechnik: Bodenproben können auch unterhalb des Marsgerölls gezogen werden. Richter erklärt den Unterschied: »Schon Viking hat unterhalb von Marsgestein höhere Wassergehalte als im sonstigen Boden gemessen.« Exobiologen interessiert, ob das überall auf dem Roten Planeten so ist. Mit den gewonnenen Erfahrungen beim Betrieb des Rovers wäre, so der Kölner Forscher, die Esa fit genug, sich einige Jahre später am MSR-Projekt zu beteiligen. Richter: »Der Rover, der die Proben sammelt, könnte durchaus ›made in Europe‹ sein.« Unterstützung, auch finanzieller Art, dürfte die Nasa wohl kaum ablehnen: Das aufwändige Projekt wird heute schon mit den zweieinhalb- bis fünffachen Kosten der laufenden Rovermission veranschlagt.

Auch die russische Weltraumbehörde Roskosmos sucht nach Partnern für ihr »Phobos-Grunt«-Projekt (deutsch: Phobos-Boden). Wie bei einer Sample-Return-Mission zu einem Asteroiden soll dabei Gestein von Phobos, dem inneren Marsmond, zur Erde chauffiert werden. Frühestens im Jahr 2009 könnte die Mission starten und später auf dem kartoffelförmigen Mond niedergehen. Dort tritt ein Bohrer in Aktion und nimmt Proben aus einem Meter Tiefe. Etwa hundert Gramm Marsmondgestein sollen dann die Reise zur Erde antreten. Der größere Sondenteil bleibt auf Phobos, führt dort Experimente durch und hält nach Wolken und Staubstürmen auf dem kaum 6000 Kilometer entfernten Mars Ausschau. Rund dreißig Monate nach ihrem Start von der Erde wird die Kapsel mit ihrer kostbaren Fracht zurückerwartet. Bereits in den 1970er Jahren gelang es Russland mit dem Luna-Programm, Mondgestein zur Erde zu bringen. Damit Ähnliches mit Phobos-Grunt gelingt, müssen die Projektpartner allerdings noch fünfzig Millionen Euro sammeln.

Heute erinnern die internationalen Marsprogramme an die Zeit vor den Mondlandungen. Wie damals hat die Raumfahrt wieder ein Ziel fest ins Visier genommen. Schon Wernher von Braun wollte eigentlich zum Roten Planeten, Apollo war für ihn eher die Generalprobe für die später folgende Marsexpedition. Zwar kann derzeit noch niemand genau absehen, wann Astronauten die Landeplätze der robotischen Vorhut inspizieren werden, doch dass der bemannte Marsflug kommt, steht wohl außer Frage. Die nächste Entdeckergeneration wird in die Fußstapfen von Gagarin und Armstrong treten – die ersten Menschen auf dem Mars sind womöglich schon geboren. <<

Im nächsten Teil geht es um bemannte Flüge zum Mars: **Thorsten Dambeck** wirft mit Esa-Ingenieuren einen Blick auf die Pläne zur Reise des Jahrhunderts.

Beim letzten Besuch im August 2000 entwickelte Tempel 1 einen breiten Staubschweif (Kompositfoto). Dieses Jahr bewegt sich der Komet durch die Jungfrau (Karte rechts).

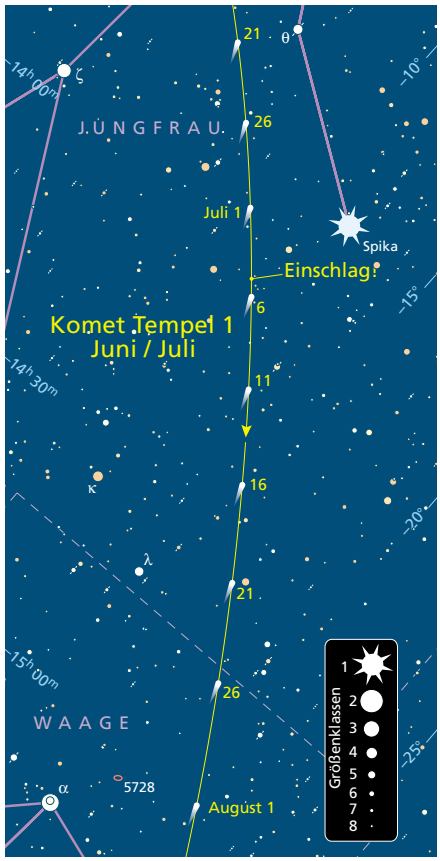


FOTO: JANA PITTICHOVA & KAREN MEECH, U. HAWAII; KARTE: S&T / AH

Tempel 1: vorher – nachher

Welche Auswirkungen hat der Deep-Impact-Einschlag auf den Kometen? Sehen Sie selbst!

>> Greg Bryant

Unter allen Kometen, die in diesem Jahr mit Amateurteleskopen beobachtbar sind, ist der alle fünfeinhalb Jahre wiederkehrende 9P/Tempel 1 einzigartig. Auch unter normalen Umständen hätten Sie in diesen Monaten gute Gelegenheiten, den Kometen zu beobachten. Sofern Sie ein Fernrohr haben – er erreicht in der Regel 10. Größe.

Dieses Jahr ist jedoch die Nasa-Raumsonde Deep Impact auf Abfangkurs (»Blick in den Kometen«, S. 14), um den Kern des Kometen am 4. Juli im Stil eines Marschflugkörpers mit einem Impaktor zu traktieren. Die daraus resultierende Trümmerwolke könnte nicht nur zum besseren Verständnis des Kometeninnern beitragen, sondern Tempel 1 für Beobachter auf der Erde auch deutlich heller werden lassen. Die Amateurastronomen weltweit sind dazu aufgerufen, bei der Untersuchung des Kometen vor, während und nach dem Aufprall mitzuhelfen (Kasten S. 17). Im Folgenden beschreiben wir Ihnen, wo genau Sie ihn finden.

Erfahrene Kometenjäger haben Tempel 1 schon seit ein paar Monaten im Visier. Er flog im April und Mai einen Bogen im Sternbild Jungfrau um Vindemiatrix (Epsilon Virginis, ε Vir, 2,8te Größe) und war mit gutem Kartenmaterial – nicht allzu weit entfernt vom strahlend hellen Jupiter – in den Abendstunden auffindbar.

Kollision in der Jungfrau

Anfang Mai kam Tempel 1 der Erde am nächsten, war mit 0,71 Astronomischen Einheiten (106 Millionen Kilometern) aber recht weit entfernt. Ende Mai zog er nahe am Stern Auva (Delta Virginis, δ Vir, 3,4te Größe) vorbei. Am 31. Mai um zehn Uhr mitteleuropäischer Sommerzeit waren die beiden nur 4,3 Bogenminuten voneinander entfernt. Fünf Tage lang blieben sie weniger als ein Grad getrennt. Anfang Juni hatte Tempel 1 mit etwa acht Grad die größte Annäherung an Jupiter.

In der letzten Juniwoche geht der Mond früh genug unter, um mit seinem Licht nicht mehr zu stören. Tempel 1 lief zuvor am Stern Theta Virginis (θ Vir, 4,4te Größe) vorbei und fliegt jetzt ostwärts Richtung Waage, fast parallel zu der Verbindungslinie zwischen Theta und Alpha Virginis (α Vir) – der hellen Spika (Karte oben rechts).

Das Kupferprojektil von Deep Impact soll planmäßig am 4. Juli um etwa acht Uhr mitteleuropäischer Sommerzeit (sechs Uhr Weltzeit) auf dem Kometenkern einschlagen. Der Zeitpunkt wurde so gewählt, dass zumindest zwei Stationen des Deep Space Network der Nasa sofort Daten von der Sonde empfangen

können und die großen Keck-Teleskope auf Hawaii das Ereignis im Blick haben. Von Europa aus bleibt uns das Live-Geschehen verborgen und auch Amateure im Osten der Vereinigten Staaten gucken – vergeblich – in die Röhre. Ideal wäre ein Standort auf dem östlichen pazifischen Ozean. Aber auch für Beobachter im Westen Nord- und Mittelamerikas steht der Komet nachts über dem Südwesthorizont, rund dreieinhalb Grad ostnordöstlich von Spika.

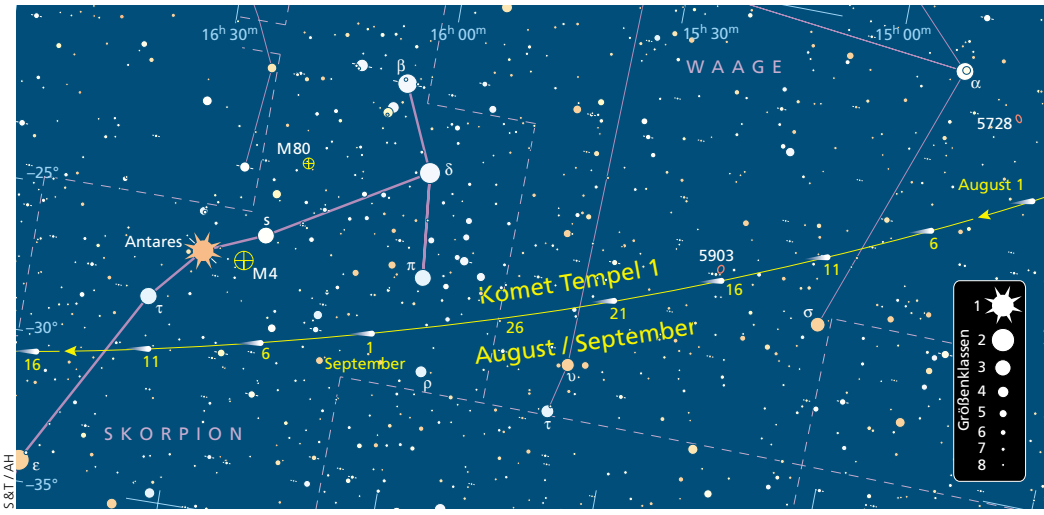
Von Kalifornien aus gesehen steht er an einem völlig dunklen Himmel fünfundzwanzig Grad, von Arizona aus immer noch zweiundzwanzig Grad über dem Horizont. Der Mond ist schon 28 Tage alt und nachts aus dem Weg. Seattle und Hawaii liegen in der Abenddämmerung, sodass der Komet während des Einschlags von dort aus wohl nur mit ausreichend großen Instrumenten zu sehen ist. Für Beobachter in Neuseeland ist es wegen der Abenddämmerung ebenfalls zu hell. Das lokale Datum ist dort der 4. Juli. In Ostaustralien wird es frühestens zwei Stunden nach dem Einschlag richtig dunkel.

Es wird viel passier'n

Was dürfen wir von dem Einschlag erwarten? Kometenspezialisten sagen voraus, dass die Helligkeit des Kerns bis 6. oder sogar 5. Größe ansteigen könnte, während sich die Trümmerwolke langsam ausdehnt. Wie lange er so viel Sonnenlicht reflektieren wird, ist unsicher. Kometen, die heller werden, weil sie auseinander brechen, können monate- oder jahrelang ungewöhnlich hell bleiben. Als beispielsweise der Komet 73P/Schwassmann-Wachmann 3 im Jahr 1995 auseinander brach, legte er ganze sieben Größenklassen zu. Als er 2001 zu seinem sonnennächsten Punkt zurückkehrte, hatte er immer noch etliche Größenklassen mehr als vor seiner Fragmentierung. Andererseits pflegen Ausbrüche von Kometen, die intakt bleiben, was auch im Fall von Tempel 1 zu erwarten ist, nur Tage oder Wochen anzudauern. Wenn das Wetter mitspielt, haben alle Beobachter rund um den Globus innerhalb von vierundzwanzig Stunden einen guten Blick auf Tempel 1.

In den kommenden Wochen bewegt sich der Komet weiter nach Südosten durch die Jungfrau in die Sternbilder Waage (»Libra«) und Skorpion (»Scorpius«), wobei er Anfang September südlich von Antares vorbeizieht (Alpha Scorpii, α Sco, Karte oben). Da sich seine Deklination immer weiter nach Süden verschiebt und sein Abstand zur Sonne von der Nordhalbkugel aus betrachtet schrumpft (73 Grad am 15. Oktober), werden Beobachter auf der südlichen Hemisphäre begünstigt.

Wenn der schwächer werdende Komet gegen Ende des Jahres schließlich im grellen Sonnenlicht verschwindet, markiert das nicht nur das Ende einer ganz besonderen Erscheinung, sondern auch das Ende einer Ära für diesen Kometen. Annäherungen an Jupiter in den Jahren 2024 und 2036 verschieben den sonnennächsten Bahnpunkt von Tempel 1 von gegenwärtig 1,5 AE auf den zweifachen Erdbahnradius. Erst ab Juni 2122, wenn sich diese Distanz erneut auf 1,6 AE verkürzt, wird der Komet voraussichtlich wieder heller als 11. Größe werden. <<



Kratzen am Horizont **Tempel 1 legt in den kommenden Monaten einen Tiefflug am Südhorizont hin.**

Greg Bryant ist der S&T-Experte für den Sternhimmel auf der südlichen Hemisphäre (S. 48).

Der verlorene und wiedergefundene Komet

LUTZ CLAUSNITZER

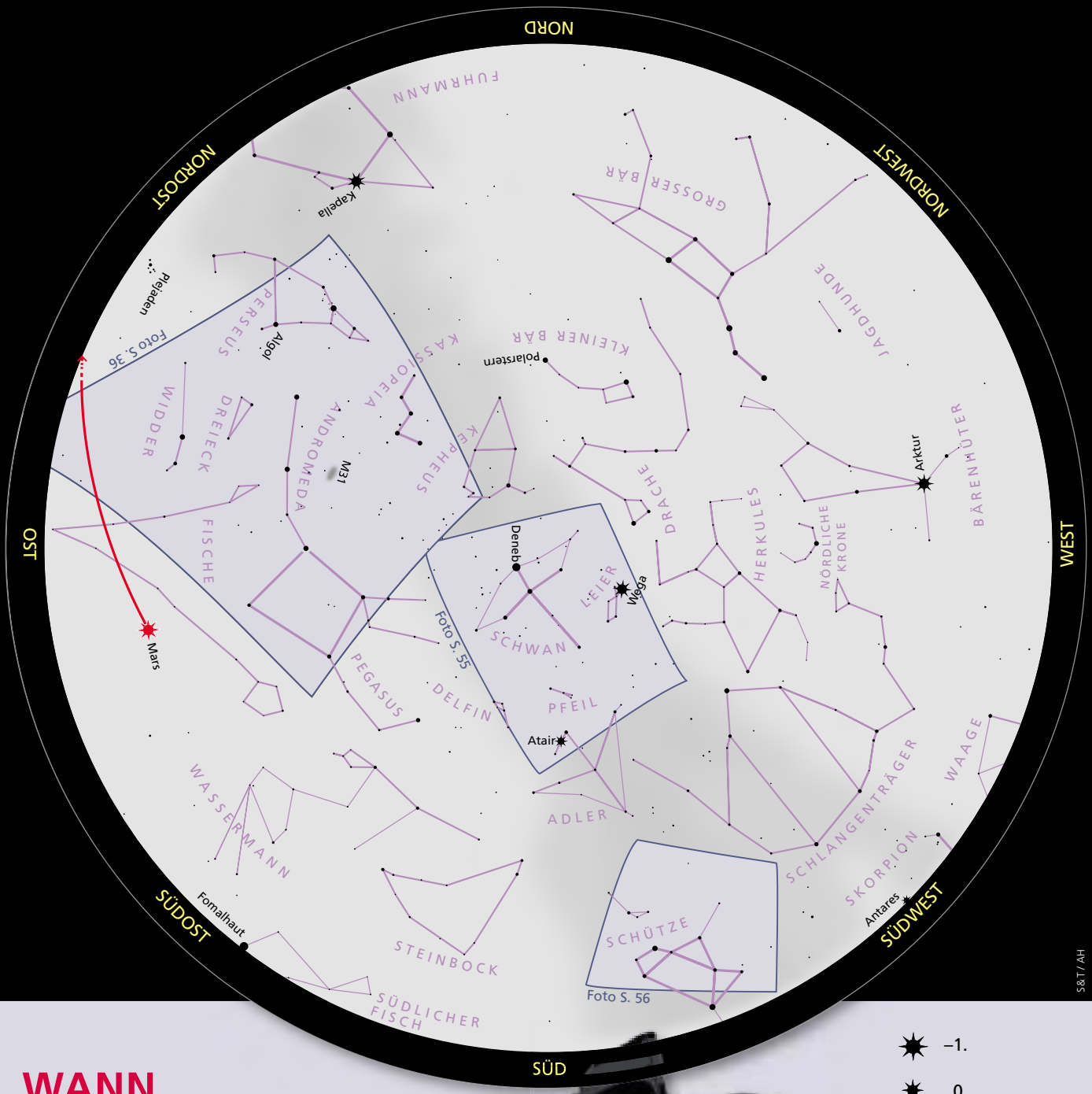
>> Ernst Wilhelm Leberecht Tempel (1821–1889) entdeckte Tempel 1 am Abend des 3. April 1867 von Marseille aus im Sternbild Waage. Trotz der »1« in dem Namen, den dieser Komet letztlich bekam, war er eigentlich der neunte, den Tempel innerhalb von acht Jahren entdeckt hatte. Nur fünf dieser neun wurden nach Tempel benannt. In den folgenden zehn Jahren entdeckte er noch sechs weitere.

Die Astronomen berechneten, dass sich Tempel 1 in einer kurzperiodischen Umlaufbahn befindet und ungefähr alle sechs Jahre wiederkehrt. In den Jahren 1873 und 1879 wurde er erneut gesichtet. Damit war er der neunte periodische Komet, der zweimal wiederentdeckt worden war. Diesem Umstand verdankt er seine offizielle Bezeichnung »9P/Tempel 1«.

Eine Annäherung an Jupiter im Jahr 1881 störte die Bahn des Kometen so sehr, dass er fast ein Jahrhundert lang unauffindbar war. 1963 berechnete der jetzige Minor-Planet-Center-Direktor Brian Marsden Jupiters Einfluss auf die Kometenbahn und prognostizierte Tempels Rückkehr ins innere Sonnensystem für die Jahre 1967 und 1972.

1967, im hundertsten Jahr nach seiner Entdeckung, wurde er jedoch übersehen. Erst ein Jahr später wurde auf den 67er-Fotos ein fast unmerkliches Fleckchen entdeckt. Ob es sich dabei tatsächlich um Tempel 1 handelte, blieb fraglich bis zu seiner erfolgreichen Wiederentdeckung im Jahre 1972, die die Berechnungen von Marsdens als richtig bestätigte. Seither wurde Tempel 1 bei jeder Wiederkehr gesichtet. <<

STERNTAFEL



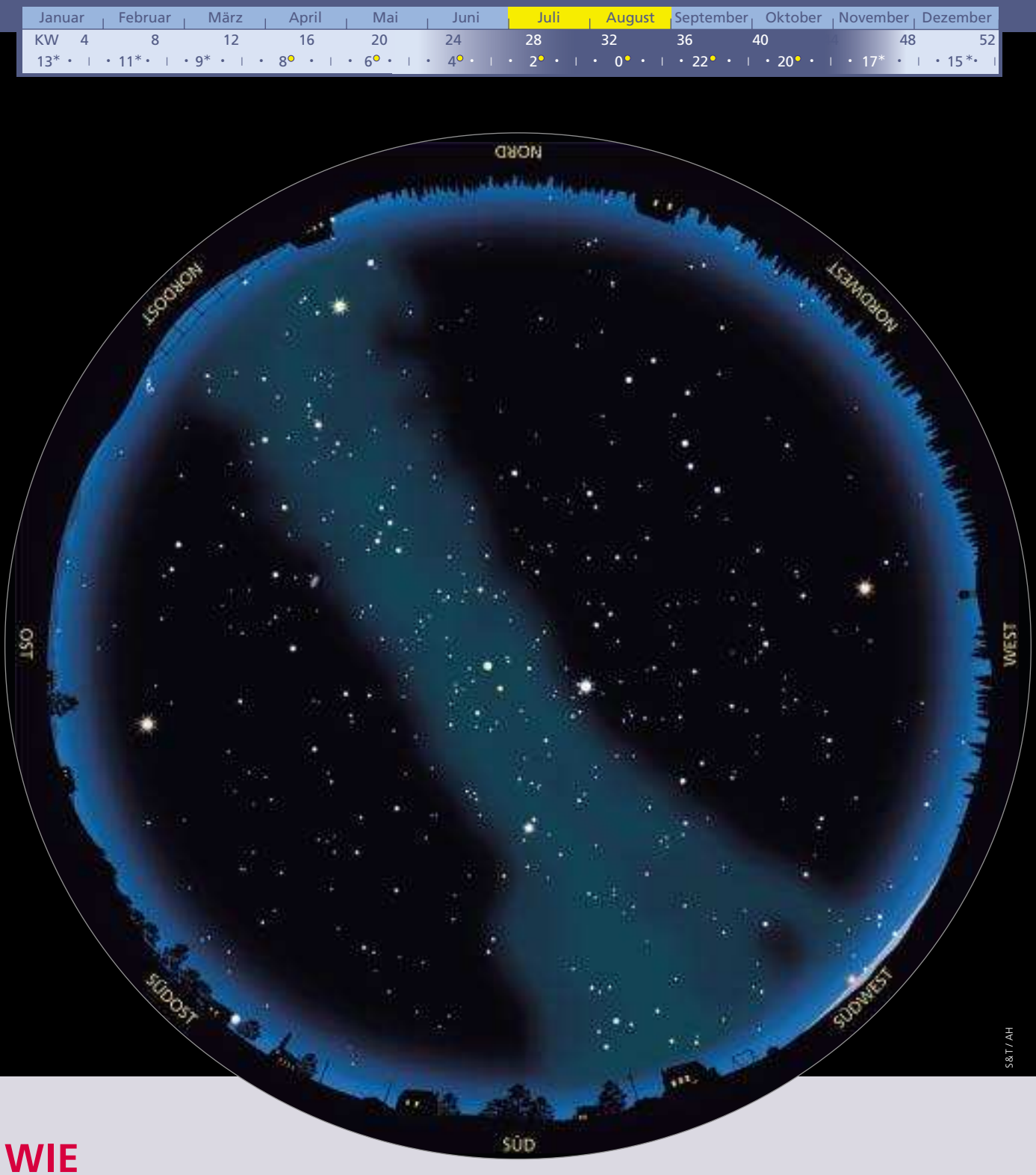
WANN

Der Zeitleiste (oben rechts) können Sie die Gültigkeit der Sternkarten entnehmen. Wählen Sie das Datum anhand des Monats oder der Kalenderwoche (KW) und lesen Sie direkt darunter die zugehörige Uhrzeit ab. Beispiele:

Juni, zweite Hälfte: **3 Uhr**°
Juli, zweite Hälfte: **1 Uhr**°
August, zweite Hälfte: **23 Uhr**°

*Mitteleuropäische Zeit (MEZ, UT+1)
°Sommerzeit (MESZ, UT+2)

–1.
0.
1.
2.
3.
4.
5. Größenklasse



WIE

Auf den Sternkarten sehen Sie den Himmel so, wie er sich Ihnen zu den ganz oben angegebenen Zeiten präsentiert. Die Schwarz-Weiß-Karte (links) verzeichnet die wichtigsten Sternbilder und Namen der hellen Sterne. Die Nachthimmelkarte (oben) entspricht dann dem, was Sie unter freiem Himmel sehen.

Zur Orientierung halten Sie die Karten vor sich, und zwar so, dass der Rand mit der Himmelsrichtung, in die Sie schauen, zum Boden zeigt. Die Sterne am Rand der Karte stehen dann direkt über dem Horizont. Der im Zentrum der Karte dargestellte Himmelsausschnitt befindet sich genau über Ihnen – im Zenit.

Beispiel: Mars steht im Osten und bewegt sich in diesen Monaten durch das Sternbild Fische und unterhalb des Widders. Der »Gegenmars« Antares im Skorpion geht gerade im Südwesten unter. Hoch im Süden prangt das »Sommerdreieck« (Foto S. 55). Hier haben Sie die besten Chancen, die Milchstraße zu sehen.

Die Karten sind für fünfzig Grad nördliche Breite berechnet, das entspricht in etwa der Linie Luxemburg – Frankfurt am Main – Prag. Beobachter in Süddeutschland, Österreich und der Schweiz sehen die Sterne im Süden etwas höher über dem Horizont und die im Norden etwas niedriger. In Norddeutschland ist es genau umgekehrt.

Cygnus, der Schwan

Dieses Sternbild ist uns in Sommernächten ein treuer Gefährte. Im Juli und August sehen wir es allabendlich im Sturzflug zum Horizont …

>> Tony Flanders

AUS: JOHANNES HEVELIUS, THE STAR ATLAS

Albireo voraus zeigt diese historische Darstellung den Schwan. Am Himmel sehen wir ihn dann allerdings auf dem Rücken fliegend.

Selbst von der Stadt aus erkennt man ihn deutlich, denn seine hellsten Sterne überstrahlen auch die stärkste Lichtverschmutzung. An einem rabenschwarzen Himmel können Sie sehen, wie sich seine Sterne mit dem hellsten Bereich der nördlichen Milchstraße vereinigen – zum vielleicht spektakulärsten, aber eindrücklichsten und schönsten Sternbild, wie ich finde.

Der Schwan ist jedes Jahr für eine so lange Zeit am Himmel sichtbar, weil er ziemlich nah am Polarstern liegt. Sterne in seiner Nähe – wie das als Großer Wagen bekannte Hinterteil des Sternbilds Großer Bär – stehen ebenfalls das ganze Jahr am Nachthimmel, sie sind »zirkumpolar«.

Jeden Tag eine Runde

Diese stets sichtbaren Sternbilder kreisen am Nordhorizont gegen den Uhrzeigersinn um den Polarstern. Die Sterne, die den Schwan bilden, sind etwas weiter vom Nordstern entfernt und der hellste Stern, Deneb, streift im Winter am Horizont entlang. Im August steht der Schwan am höchsten: fast direkt über unseren Köpfen, im Zenit.

Der Schwan ist eins von 48 Sternbildern, die der griechische Astronom Ptolemäus in seinem Werk Almagest aufgelistet hat – wie auch der Altar (S. 50). Schwäne sind in der griechischen Mythologie häufig – und Historiker streiten darüber, welcher von ihnen zum Namensgeber dieses Sternbilds wurde. Ich denke, es handelt sich um den Schwan, dessen Gestalt Zeus angenommen hatte, um sich Leda unauffällig nähern zu können. So gelang es ihm schließlich, die Frau des Königs von Sparta zu verführen. Leda gebar später zwei Eier, aus denen vier berühmte Kinder hervorgingen: Kastor, Polydeukes (lateinisch Pollux), Helena und Klytämnestra. Einige Mythologen sind der Meinung, Zeus sei Vater all dieser Kinder – andere glauben, dass einige von Tyndareus, dem sterblichen Ehemann Ledas, stammen. Kastor und Polydeukes sind zumindest am Himmel unsterblich: im Sternbild Zwillinge (»Gemini«).

Cygnus ist kein Schwan, wie ihn die meisten kennen: friedlich paddelnd auf

NIGHT SKY, IMELDA JOSON

NIGHT SKY / AH

Die Cygnus-Sternwolke ist der hellste Bereich der Milchstraße am Nordhimmel und erstreckt sich entlang der Achse des Großen Kreuzes (oben links). Schwan und Leier bilden ein beeindruckendes Sternbildpaar am Himmel (oben rechts). Die Griechen bezeichneten die Leier als Geier. Dieser bildete zusammen mit dem Schwan und Aquila, dem Adler, die Menschen fressenden Stymphalischen Vögel, die schließlich von Herakles als sechste seiner zwölf Aufgaben unschädlich gemacht wurden.

einem See. Er stößt mit weit gespreizten Flügeln und angriffslustig geöffnetem Schnabel vom Himmel herab.

In stockfinsterer Nacht füllt die Cygnus-Sternwolke im hellsten Teil der Milchstraße Hals und Körper des Vogels aus – mit bloßem Auge nur eine trübe weiße Wolke, doch durchs Teleskop oder ein gutes Fernglas lassen sich tausende schwach leuchtende Sterne unterscheiden, einer dicht neben dem anderen. Frühe Christen, die heidnische Symbole ablehnten, sahen im Schwan der Griechen ein großes Kreuz. Zugegeben, es ist schwer, dieses Sternmuster zu übersehen, wenn man es einmal ausgemacht hat. Es liegt allerdings genau andersherum als der Schwan: Der helle Stern Deneb, arabisch für Schwanz, bildet das obere Ende des Kreuzes, während Albireo, der Schnabel des Schwans, unten am Kreuz steht. Aber am Sternhimmel sind die Bezeichnungen oben und unten sowieso relativ – das Sternbild Cygnus ist üblicherweise kopfüber zu sehen und beim Aufgehen liegt es gar auf der Seite.

Der Eindruck, ein Kreuz zu sehen, ist noch stärker, wenn Luftverschmutzung oder das Mondlicht die Milchstraße und die schwächeren Sterne an den Flügeln des Schwans überstrahlen, sodass nur die fünf hellsten Sterne sichtbar bleiben. Das Kreuz des Nordens bildet eine Ecke des Sommerdreiecks, eins der bekanntesten und wichtigsten Sternmuster (Planetarium, S. 55). Wenn Sie sich eine Linie von Deneb durch das rechte Ende des Kreuzes denken und diese verlängern, erreichen Sie schnell die weiß schimmernde Wega, den fünfthellsten Stern am Himmel. Eine Linie von Deneb durch die linke Spitze des Kreuzes führt zu Atair im Adler – er steht auf Rang 13 der hellsten Sterne. Atair, Wega und Deneb bilden das Sommerdreieck.

Deneb – demnächst durchgebrannt

Der Hauptstern des Schwans ist ein blauer Überriese, einer der leuchtstärksten Sterne, die man heute kennt. Die meisten der hellen Sonnen, die bekannte Sternbilder formen, befinden sich relativ nah an der Erde. Atair und Wega zum Beispiel sind nur 17 beziehungsweise 25 Lichtjahre von uns entfernt. Beide leuchten überdurchschnittlich hell am Himmel, aber neben Deneb, der noch aus einer Entfernung von 1500 Lichtjahren Rang 20 der hellsten Sterne einnimmt, würden sie verblassen. Ohne Teleskop könnte man Atair und Wega in einer solchen Entfernung überhaupt nicht mehr erkennen. Da Deneb trotzdem noch so hell erscheint, muss er etwa 100 000-mal so viel Licht aussenden wie unsere Sonne. Bei dieser Strahlungsleistung wird Deneb seine Energie in ein paar Millionen Jahren aufgebraucht haben – nur ein winziger Augenblick, gemessen am Alter des Universums.

Albireo (Beta Cygni, β Cyg), der Fußpunkt des Kreuzes, gilt als schönster Doppelstern am Nachthimmel. Mit jedem Teleskop sind die Zwillingssonnen in ihrem Farbkontrast zu sehen: Die eine schimmert golden, die andere tiefblau. Das Paar kann sogar mit einem Fernglas bei zehnfacher Vergrößerung beobachtet werden, wenn Sie ein Stativ verwenden.

Aber Deneb und Albireo machen nur einen Teil der Schwanenpracht aus. Dieses Sternbild könnten Sie Ihr Leben lang nachtaus, nachtein durchs Teleskop oder Fernglas beobachten und würden immer wieder etwas Neues entdecken. Und so gerne ich das tue – noch lieber liege ich einfach unterm Sternhimmel und genieße den Anblick des anmutigen Vogels mit bloßen Augen. <<

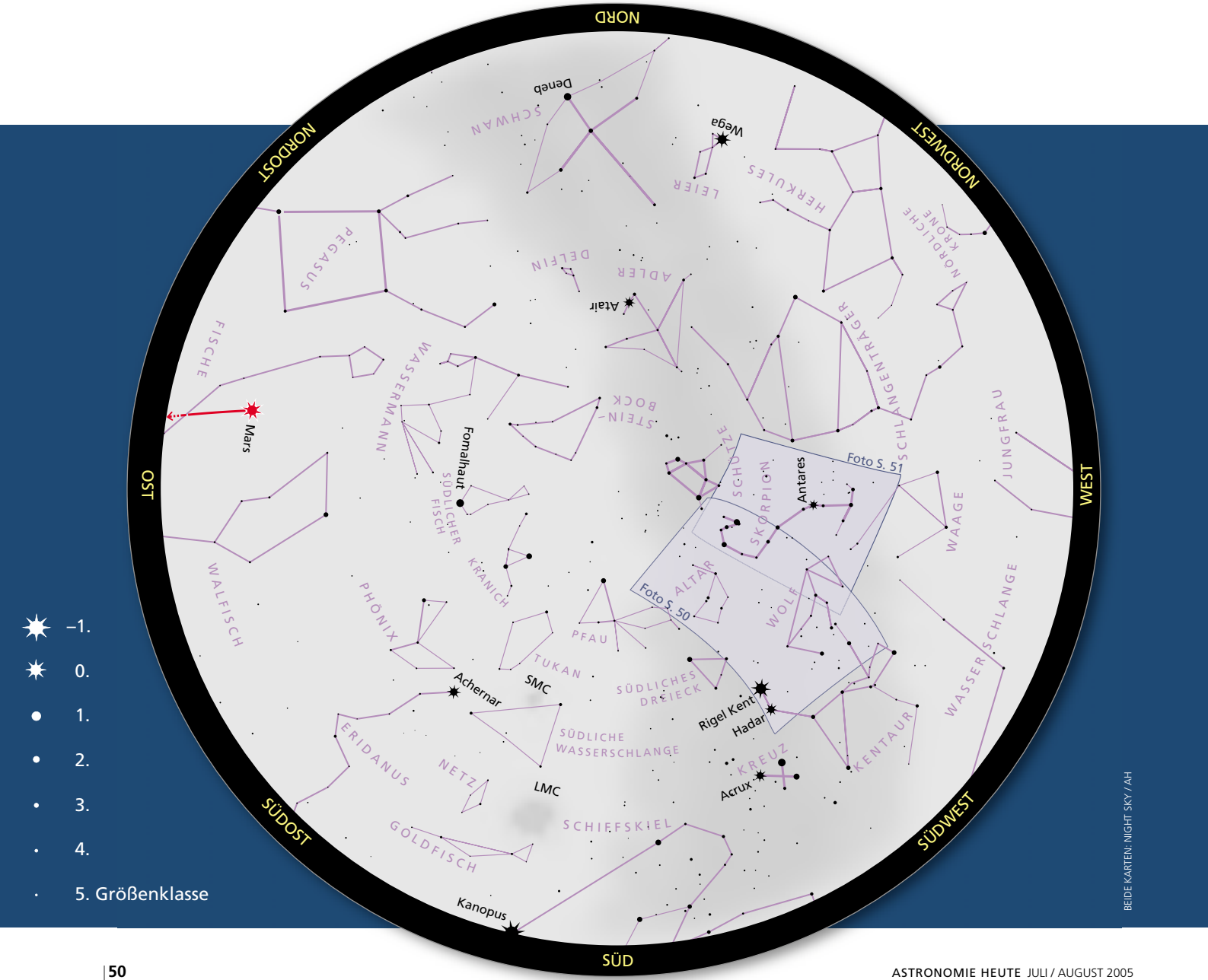
Für **Tony Flanders** reinigt ein Blick auf Albireo die Seele – wie ein guter Cognac nach dem Essen.

Der Altar des Winters

Das Südhimmelsternbild Altar ist zwar recht klein, wartet aber mit einigen Prunkstücken auf. **>> Greg Bryant**

Für die Bewohner der Südhalbkugel fällt der kürzeste Tag des Jahres, der Tag der Wintersonnenwende, in den Monat Juni. Astronomisch gesehen markiert dieser Tag das Ende des Herbsts und den Beginn des Winters auf der südlichen Hemisphäre. Zu dieser Zeit sind die Nächte hier am längsten. Der Umstand, dass sich dadurch die Beobachtungszeit verlängert, verdient es, gefeiert zu werden!

Was den Sternguckern der Nordhalbkugel als Sommerkonstellationen bekannt ist, lässt sich von meiner Heimat Australien aus nur im dicken Daunenanorak genießen: Skorpion, Schütze und Steinbock. Auf den Übersichtskarten (unten) finden Sie diese drei in Zenitnähe. Südlich des Skorpions (»Scorpius«) – nördlich der Alpen stets unter dem Horizont – befindet sich das Sternbild Altar (»Ara«). Diese kompakte Anordnung von Sonnen gehört zu den 48 klassischen Sternbildern des Ptolemäus – denn von Ägypten aus ist sie vollständig zu sehen. Wer den Altar einmal gesehen hat, erinnert sich sehr leicht wieder an



BEIDE KARTEN: NIGHT SKY / AH

ihn. Die scheinbare Helligkeit seiner beiden Hauptsterne, Alpha (α) und Beta Arae (β Ara), beträgt 2,8te Größe. Aber damit ist es mit der Ähnlichkeit zwischen den beiden vorbei. Alpha ist ein blauweißer Zwergstern, der 240 Lichtjahre entfernt ist. Dagegen ist Beta ein orangefarbener Überriese und befindet sich in einer Distanz von gut sechshundert Lichtjahren.

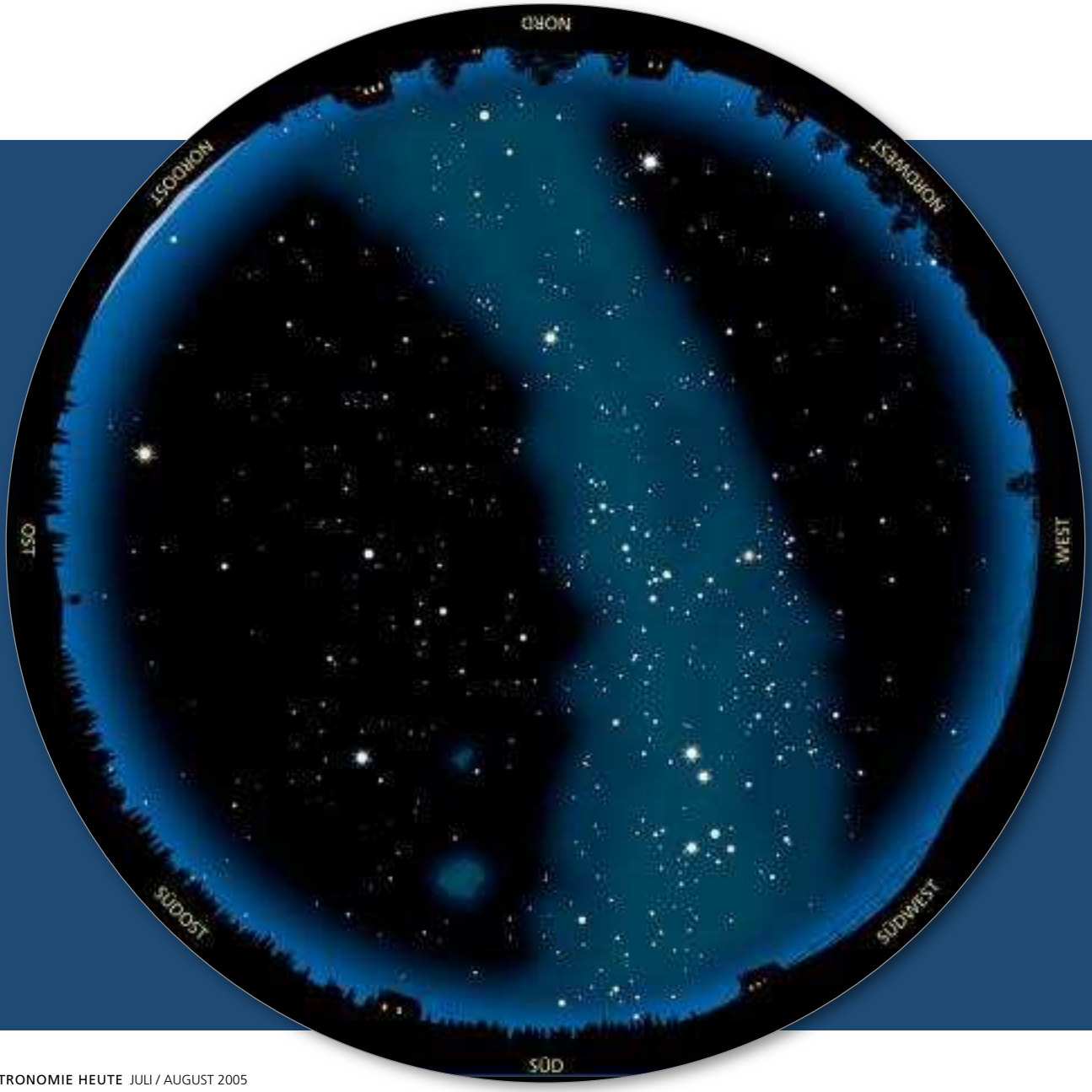
Weniger als ein Grad südlich von Beta liegt Gamma Arae (γ Ara). Mit einer Helligkeit von 3,3ter Größe ist er hier der vierthellste Stern. Sein Licht ist mehr als eintausend Jahre zu uns unterwegs. Dieser heiße, blau-weiße Überriese liegt in einer großen Himmelsregion, in der seit geraumer Zeit Sternentstehung stattfindet. Viele der helleren Sterne, die in diesem Monat am Nachthimmel zu sehen sind, wurden hier geboren und driften nun langsam davon. Fachleute nennen sie die Scorpius-Centaurus-OB-Assoziation (»Sco-Cen«).

Alle 106 Stunden ein Transit

Westlich des 3,1te Größe hellen Zeta (ζ) und des 3,8te Größe hellen Eta Arae (η Ara) steht der veränderliche 6.-Größenklasse-Stern R Arae, der mit den beiden anderen zusammen ein Dreieck bildet. Normalerweise hat R Arae eine Helligkeit von 6,0ter Größe und ist bei günstigen Bedingungen mit bloßem >

Der Nachthimmel bei 35 Grad

südlicher Breite entspricht etwa der Linie Sydney (Australien) – Kapstadt (Südafrika) – Buenos Aires (Argentinien). Die Ortszeit, zu der Sie den auf der Karte abgebildeten Ausschnitt sehen können, entnehmen Sie bitte der Zeitleiste (oben). Beachten Sie, dass Australien von Ende Oktober bis Ende März Sommerzeit hat, Südafrika und Argentinien dagegen nicht (wie oben angegeben).



> Auge gerade noch sichtbar. Seit 1894 ist bekannt, dass seine Helligkeit alle 4,43 Tage auf 6,9te Größe abfällt. Wie sein wesentlich hellerer und gut bekannter Cousin Algol (Beta Persei) ist auch er ein bedeckungsveränderlicher Stern.

Erinnern Sie sich an den Venustransit im letzten Jahr? Das Scheibchen unseres Nachbarplaneten zog vor der Sonne vorbei und zeichnete sich deutlich als dunkler Kreis ab. Dadurch kamen weniger Sonnenstrahlen auf der Erde an – für uns allerdings nur mit entsprechenden Instrumenten, nämlich Photometern, messbar. Anders bei R Arae. Hier sorgt eine zweite Sonne für die Reduzierung von Licht. Diese Sekundärkomponente läuft so eng um die hellere Primärkomponente, dass sie aus der äußeren Sternschicht ionisiertes Gas zu sich herüberzieht.

Aber es gibt mehr im Altar als nur Feldsterne: Von den drei Kugelsternhaufen, die sich im Sternbild befinden, ist NGC 6397 (Caldwell 86) der bemerkenswerteste. Er steht in der Nähe von Alpha und Beta Arae und ist sogar mit bloßem Auge gerade noch zu erkennen. Mit einer Entfernung von etwa 7200 Lichtjahren ist er nach dem prächtigen M 4 im Sternbild Skorpion (Feldstechertipp AH Mai 2005, S. 41) der uns am zweitnächsten gelegene Kugelsternhaufen. Aber die Unsicherheit bei der Bestimmung der Distanzen dieser beiden von plus/minus vierhundert Lichtjahren spricht eher für die Vergabe zweier erster Plätze dieser Rangliste. NGC 6397 zeichnet sich außerdem dadurch aus, dass er von allen Kugelsternhaufen die hellsten Sonnen aufweist. Bereits mit 7×50er-Ferngläsern können Sie ihn deshalb teilweise in Sterne auflösen.

Kugelsternhaufen umkreisen das Zentrum der Milchstraße auf länglichen, also stark elliptischen Bahnen. Die Astronomen Richard Rees vom Westfield State College (Massachusetts) und Kyle Cudworth vom Yerkes Observatory der University of Chicago präsentierten bei einer Tagung der American Astronomical Society die Theorie, dass NGC 6397 beim Durchqueren der Milchstraßenebene vor fünf Millionen Jahren die Bildung des offenen Sternhaufens NGC 6231 im benachbarten Sternbild Skorpion ausgelöst haben könnte. Dieser ist das mutmaßliche Zentrum der Sco-Cen-Assoziation.

NGC 6397 erfüllt alle Anforderungen, um einen großartigen Kugelsternhaufen abzugeben: Er ist hell, groß und nah. Von meinem Anwesen im australischen New South Wales aus gesehen ist er auch fast zirkumpolar. Wenn er am Himmel eine Ecke weiter nördlich stünde, wäre er mit Sicherheit weltweit genauso bekannt wie M 4 oder M 13. <<

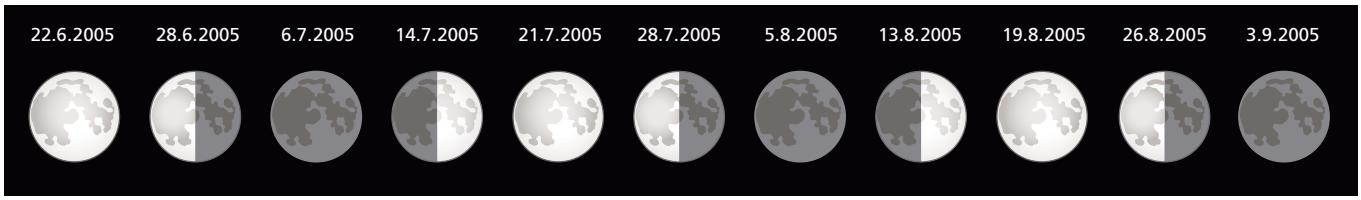
Greg Bryant ist Redakteur der australischen Ausgabe von Sky & Telescope.

ANZEIGE

Dargebracht auf dem Altar

finden Südtouristen den berühmten Veränderlichen R Arae und den Kugelsternhaufen NGC 6397 (Großaufnahme rechts).

GROSSES FOTO: AKIRA FUJII; KLEINES FOTO: HERMANN VON EIFF



Die Höhepunkte des Sommers

Die Sternbilder Skorpion und Drache erreichen bei Einbruch der Dunkelheit ihre höchsten Bahnpunkte, während das große Sommerdreieck den Zenit kreuzt.

>> Fred Schaaf

Zwei sagenhafte Biester wetteifern zu dieser Jahreszeit um unsere Gunst. Sowohl der Skorpion (»Scorpius«, Sco) tief unten im Süden als auch der Drache (»Draco«, Dra) hoch im Norden posieren für Beobachtungsabende im Juli. Der Skorpion ist zwar auf unseren Übersichtskarten in der Heftmitte gerade untergegangen, leuchtet früher in der Nacht aber deutlich heller als der Drache im Nordwesten. Auch das Sommerdreieck (Foto S. 55) ist immer höher gestiegen und kreuzt nun knapp unterhalb des Zenits den Meridian.

Die Helligkeit des Skorpions kommt von seinen vielen Sternen 2. und 3. Größe (Bild rechts). Zusätzlich besitzt er noch einen Stern 1. Größe, der sein Herz symbolisiert. Sein Name, »Antares« (Alpha Scorpii, α Sco), bedeutet Gegenmars und kommt von der feurig orangeroten Farbe des Roten Riesen.

Auf jeder Seite besitzt Antares zwei »Ausleger« in Form der Sterne Sigma (σ) und Tau Scorpii (τ Sco). Direkt unterhalb der Verbindungslinie von Antares zu Sigma glimmt der Kugelsternhaufen M4 (Feldstechertipp AH Mai 2005, S. 41). Sie können ihn bereits mit Ferngläsern erkennen, doch schöner präsentiert er sich durch ein Fernrohr. Noch weiter westlich, im Kopf des Skorpions, stehen der bereits mit Feldstechern auflösbare Doppelstern Beta Scorpii (β Sco) und der faszinierende, veränderliche Stern Delta Scorpii (δ Sco), der zuletzt fast doppelt so hell war wie die Jahre zuvor.

Der Schwanz des Skorpions ist nicht nur bildlich gesehen hervorstechend, denn dieser Teil der Konstellation wird dominiert von den zwei »Katzenaugen« Shaula (Lambda Scorpii, λ Sco) und Lesath (Ypsilon Scorpii, υ Sco). Links oberhalb der beiden befinden sich der »Schmetterlingssternhaufen« M6 und »Ptolemäus' Sternhaufen« M7.

Wenn Sie nun die Karte von S. 46 nehmen und den nordnordwestlichen Horizont nach unten drehen, so steht unterhalb des Zenits der Drache aufrecht vor Ihnen. Seine Nase zeigt dabei in Richtung Wega und sein Rücken schlingt sich um den Kleinen Bären. >

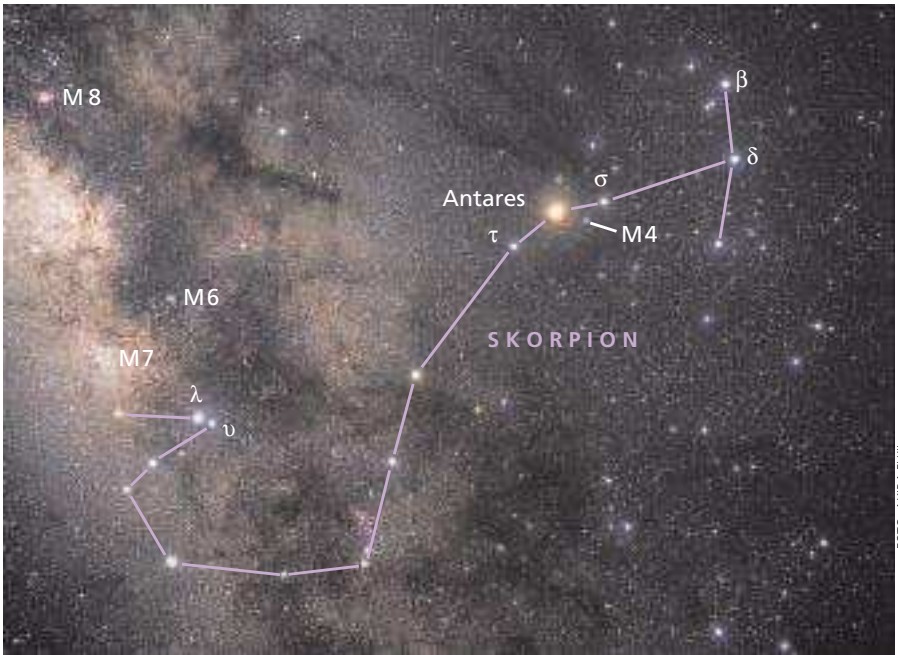
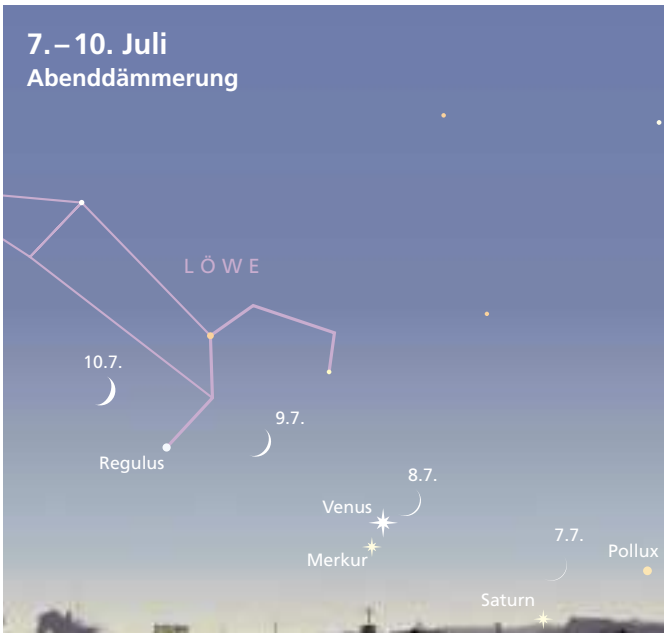
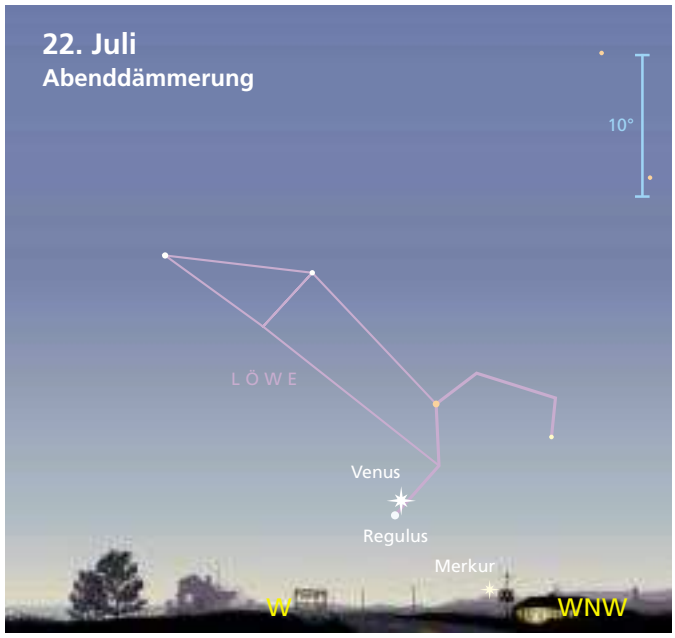


FOTO: AKIRA FUJII

Mittelmeer, Karibik oder noch weiter südlich gelegene Gefilde sehen den Skorpion komplett am Himmel. In Mitteleuropa sind Sie vor seinem Stachelschwanz sicher.





> Thuban (Alpha Draconis, α Dra) ist der hellste Stern des Drachen und war vor mehr als 4500 Jahren der Polarstern (AH April 2004, Kasten S. 34). Er befindet sich genau zwischen der Hinterachse des Kleinen Wagens und dem Knick in der Deichsel des Großen Wagens.

Der unförmige Kopf besteht aus vier Sternen der 2., 3., 4., und 5. Größenklasse. Etamin, der 2.-Größe-Stern an der Nase des Drachen, bewegt sich auf uns zu. In einigen Millionen Jahren wird er der hellste Stern am Nachthimmel sein, wenn er nahe an uns vorbeizieht.

Das Sommerdreieck besteht aus Wega in der Leier (»Lyra«, Lyr), Deneb im Schwan (»Cygnus«, Cyg, S. 48) und Atair im Adler (»Aquila«, Aql, Foto rechts). Mit 0. Größe ist die weiß-bläuliche Wega der fünfthellste Stern am Firmament. Mit einem Fernglas oder dem Sucher Ihres Teleskops können Sie nicht weit von ihr ein Paar dicht zusammenstehender Sterne gleicher Helligkeit entdecken. Wenn Sie das Teleskop auf 100fache Vergrößerung oder mehr einstellen, bemerken Sie, dass jede der Komponenten wiederum ein Doppelstern ist. Diese vier Sonnen bilden zusammen den berühmten Doppel-Doppelstern Epsilon Lyrae (ε Lyr).

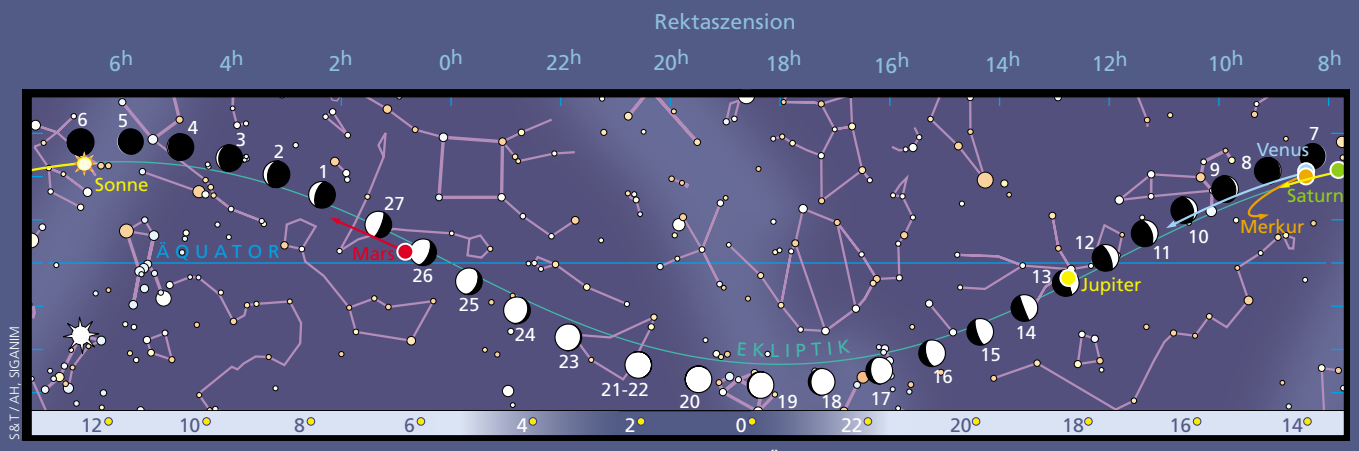
Von Wega aus gesehen am gegenüberliegenden Ende der Leier, fast mittig zwischen Gamma (γ) und Beta Lyrae (β Lyr), befindet sich eines der berühmtesten Deep-Sky-Objekte des Sommers: Der Planetarische Nebel M 57 (Sucherkarte: AH Juni 2005, S. 75). Bei schwacher Vergrößerung bemerken Sie dort mit Ihrem Teleskop eine winzige, leicht gräuliche Scheibe inmitten der schwachen Sterne. Erst mit deutlich stärkerer Vergrößerung erkennen Sie seine wahre Gestalt. Diese ähnelt einem schwach glühenden Donut und führte zu seinem Beinamen Ringnebel.

Die beiden anderen Sterne des Sommerdreiecks leuchten mit einer scheinbaren Helligkeit 1. Größe. Atair ist mit 17

Raubtier auf Planetenjagd Auf dem Weg zur Winterpause vom Sternhimmel krallt sich der Löwe Venus und Merkur. Saturn kommt gerade noch einmal davon.

Die Monatspanoramen zeigen Phasen und Positionen des Monds vom jeweils 1. bis zum 27. des Monats. Die Pfeile kennzeichnen die Wege von Sonne und Planeten von Monatsanfang bis -ende. Die untere Leiste gibt die ungefähre Uhrzeit an, wann der darüberliegende Bereich zur Monatsmitte im Süden steht.

Der Mond und die Planeten im Juli 2005



Der Mond ist zum besseren Erkennen der Mondphasen auf allen Karten in Übergröße dargestellt.

Lichtjahren Entfernung einer unserer nächsten Nachbarn unter den hellen Sternen. Im Gegensatz dazu beträgt die Entfernung zwischen uns und Deneb 1600 Lichtjahre, ist also fast hundertmal so groß. Dass Deneb trotzdem so hell scheint, liegt daran, dass er in einer Nacht ungefähr so viel Licht abstrahlt wie unsere Sonne in einem ganzen Jahrhundert!

Neben Deneb bietet der Schwan noch viele interessante Anblicke (AH Juli/August 2003, S. 46). Den Schwanenschnabel markiert ein wunderschöner gold-blauer Doppelstern, Albireo (Beta Cygni, β Cyg). Sie können die einzelnen Sterne bereits mit geringer Vergrößerung unterscheiden (AH Juli/August 2004, S. 41). Mit dem bloßen Auge können Sie bei dunklem Himmel und ohne Lichtverschmutzung zwischen Albireo und Deneb die glühende Cygnus-Sternwolke in der Milchstraße erkennen. Herausforderungen für alle Beobachter mit einem Teleskop sind der Nordamerikanebel (NGC 7000) und der Schleiernebel (NGC 6960 und 6992).

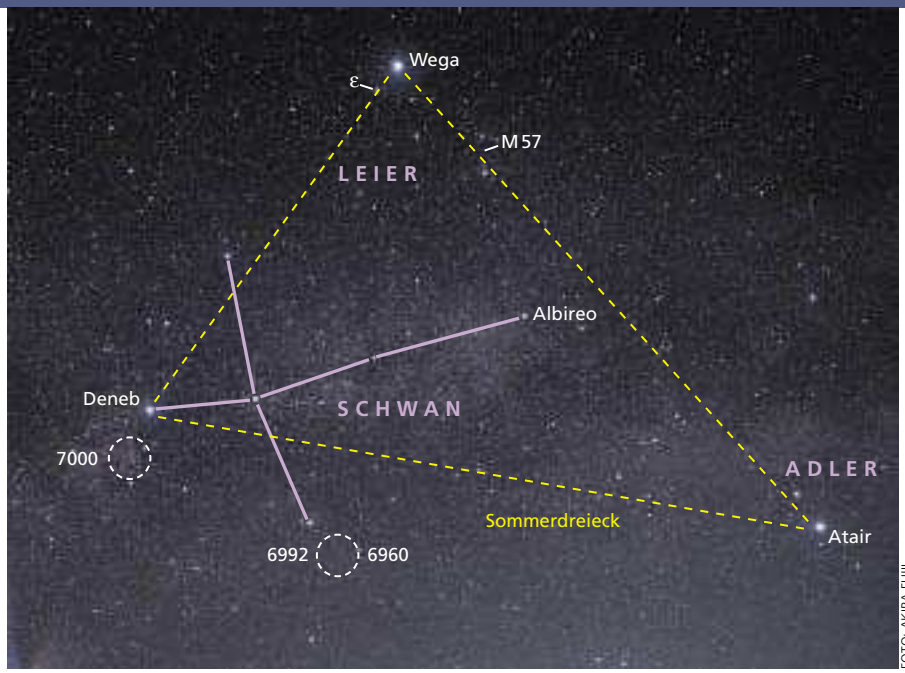


FOTO: AKIRA FUJII

Deneb – Tausendsassa Diese strahlend helle Sonne ist zugleich Hauptstern des Schwans und Mitglied zweier Sternmuster: des Großen Kreuzes (violette Linien) und des Sommerdreiecks.

Planeten

Venus leuchtet den ganzen Sommer über als Abendstern. Am 22. Juli zieht sie in der Dämmerung ein Grad rechts oberhalb von Regulus (Alpha Leonis, α Leo) vorbei. Am besten beobachten Sie diese Konjunktion mit einem Feldstecher (Grafik oben links).

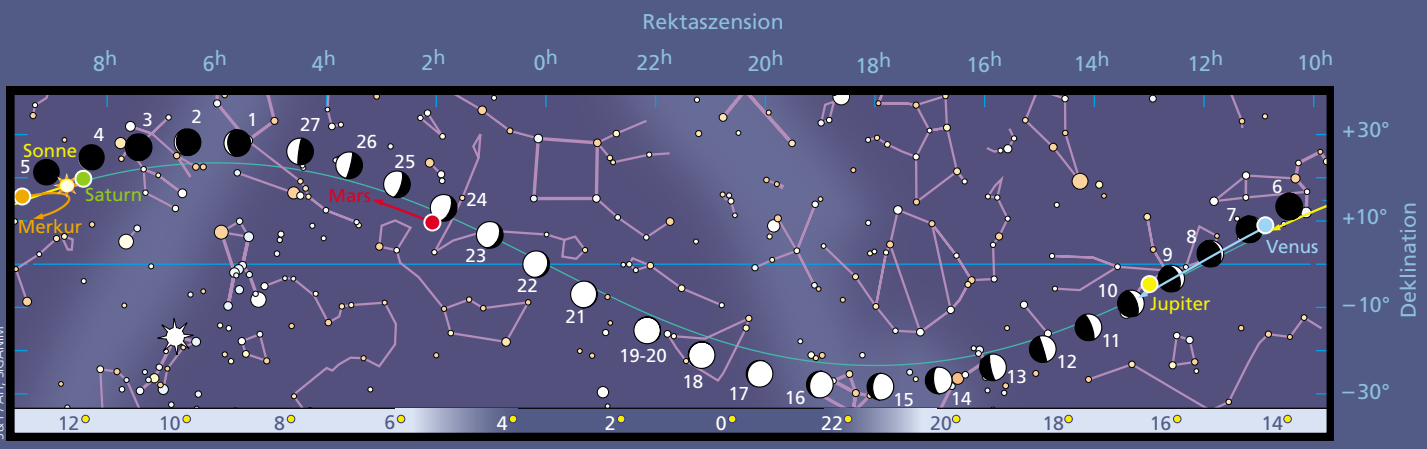
In den ersten beiden Wochen des Juli bilden eine helle Venus und ein schwacher Merkur weiterhin ein enges Paar tief im Westnordwesten in der abendlichen Dämmerung. Merkur hat seine größte östliche Elongation (maximale scheinbare Entfernung von der Sonne) am 9. Juli. Er befindet sich zu dieser Zeit nur zwei Grad links unterhalb von Venus. Anschließend verblasst er immer weiter und verschwindet schließlich im Sonnenuntergang. Erst Mitte August taucht er links unterhalb von Saturn wieder in der Morgendämmerung auf. Seine größte westliche Elongation ist am 24. August, sieben Grad entfernt vom Ringplaneten.

Auf Saturn können wir höchstens in den ersten paar Tagen des Juli einen flüchtigen Blick werfen, rechts unterhalb von Venus und Merkur (Grafik ganz links oben). Allerdings taucht er im August bereits wieder tief im Ostnordosten in der Morgendämmerung auf. In den letzten Wochen können Sie mit Ferngläsern zwei Grad links unterhalb von ihm M 44, den Bienenstockhaufen, erkennen.

Jupiter können Sie im Juli tief im Südwesten ab der Abenddämmerung beobachten. Anfang Juli steht er direkt unterhalb von Porrima (Gamma Virginis, γ Vir, Übersichtskarte AH Juni 2005, S. 42), einem herrlichen Doppelstern für Beobachtungen mit dem Teleskop.

Während sich Venus im Juli noch deutlich rechts unterhalb des Gasriesen befindet, nähern sich die beiden im August immer weiter an. Tief im Westen bis Westsüdwesten liefern uns der etwas blassere Jupiter und rechts darüber die hellere Venus eine wunderschöne Aussicht in der Abenddämmerung. Anfang August sind sie zwar noch dreißig Grad voneinander entfernt – das entspricht drei Faustbreit bei ausgestrecktem Arm –, >

Der Mond und die Planeten im August 2005



S&T/AH, SIGANIM

> doch bis zum 22. August haben sie sich bereits bis auf zehn Grad angenähert. Am 31. August trennen die beiden nur noch 1,5 Grad, das entspricht der Breite Ihres kleinen Fingers bei ausgestrecktem Arm. Die geringste Entfernung zueinander erreichen sie am 2. September, doch es wird schwierig, dieses Ereignis von Mitteleuropa aus zu beobachten, da Jupiter im zunehmenden Licht des Sonnenuntergangs immer mehr verblasst. Links neben Jupiter können wir trotz näher kommender Venus noch Spika (Alpha Virginis, α Vir) beobachten. Anfang August sind die beiden elf Grad getrennt, gegen Ende des Monats sind es nur noch sechs Grad.

Mars geht Anfang Juli gegen 1.30 Uhr MESZ auf und Ende August bereits um 23.00 Uhr. Der Rote Planet kommt der Erde immer näher und steht deshalb günstig für einen Raumsondenstart (siehe »Die nächsten Schritte zum Mars«, S. 38). Im Juli ist sein Durchmesser bereits auf zehn Bogensekunden angewachsen, sodass mit einem Vier- oder Sechszolllteleskop schon Details seiner Oberflächenstruktur zu sehen sind. In der Morgendämmerung ist er am besten sichtbar, er steht dann hoch am Himmel und die atmosphärischen Störungen sind am geringsten. Im August ist er, sobald er über den Horizont steigt, der hellste Lichtpunkt am Himmel und enthüllt immer weitere markante Charakteristika seiner Oberfläche.

Zwei Runden für Luna

Der Mond hat in der Abenddämmerung des 8. Juli ein malerisches Stelldichein mit Venus und Merkur. Er befindet sich dann nur gut zwei Grad rechts oberhalb der Venus (Grafik S. 52 oben links). Noch schwieriger ist es, die nächste Mond-Venus-Begegnung am 7. August zu sehen, da der gerade einmal einen Tag alte Mond an diesem Abend zum ersten Mal als extrem dünne Sichel wieder sichtbar ist. Sollten Sie gerade in Alaska Urlaub machen, können Sie nicht nur sehen, wie der Mond dem Planeten näher kommt, sondern wie er ihn sogar rund vierzig Minuten lang bedeckt.

Am 13. Juli und 9. August können wir die etwas dickere Mondsichel bei Jupiter entdecken. Jeweils eine Nacht später steht er bei Spika. Am 18. Juli erleben Bewohner und Besucher von Alaska ihre zweite Bedeckung in diesem Sommer, wenn der Mond sich vor Antares schiebt. Sogar einige Teile Nordamerikas können diese Bedeckung beobachten, wir in Mitteleuropa sehen allerdings »nur« eine dichte Annäherung an M4. Am Morgen des 27. und 28. Juli befindet sich der Mond nahe bei Mars, ebenso spät am Abend des 24. August. Saturn bekommt als Letzter einen Besuch in der Morgendämmerung des 31. August.

Glücklicherweise geht der Mond in der Nacht vom 11. auf den 12. August früh genug unter, damit der Himmel genügend dunkel ist, um die Perseiden zu genießen (siehe »Magische Meteore«, S. 24). Der Höhepunkt des Sternschnuppenregens ist am 12. August. <<

Fred Schaaf würde gerne Greg Bryant in Australien besuchen, um auch mal den Südhimmel zu sehen.

FELDSTECHERTIPP

Tauchen Sie ein in die Lagune

Der Sommer ist meiner Meinung nach die ideale Jahreszeit für die Feldstecherastronomie. Denn der hellste Bereich unserer Heimatgalaxie, der Milchstraße, ist in diesen Monaten tief im Süden zu bewundern und die lauen Nächte zwingen uns nicht dazu, uns einzumummen wie für eine Expedition zum Südpol. Beides zusammen schreit förmlich danach, sich den nächsten Liegestuhl zu schnappen und mit einem Fernglas auf Entdeckungstour durch die Galaxis zu gehen. Sie hat einiges zu bieten – und den Lagunennebel (Messier 8) dürfen Sie keinesfalls verpassen.

Auch wenn Sie sich von der bekannten Teekannenform des Sternbilds Schütze (»Sagittarius«, Sgr) mittels »Star-hopping« zum Lagunennebel vortasten können, erlaubt der Reichtum dieser Himmelsregion auch eine andere Herangehensweise: Lassen Sie einfach mal Ihre Blicke schweifen. Sie sind am Ziel, wenn Sie einen kleinen, aber auffälligen Nebelfleck aus diffusem Licht sehen, der von einer von Ost nach West laufenden Kette aus Sternen flankiert wird.

Wie gut und wie viel Sie von diesem rot glühenden Emissionsnebel tatsächlich sehen, hängt natürlich sehr stark von den Beobachtungsbedingungen und Ihrem Instrument ab. Das Auffinden als solches sollte aber kein großes Problem sein: Mir ist es selbst von meinem lichtverschmutzten Wohnort im Vorort einer Großstadt mit einem verhältnismäßig kleinen 10×30er-Feldstecher gelungen. Und ich bin mir sicher, Sie schaffen sich bessere Rahmenbedingungen. **>> Gary Seronik**

FOTO: AKIRA FUJII

Nur sechs Grad vom galaktischen Zentrum in nordöstlicher Richtung liegt M8. Südlich vom Lagunennebel erstreckt sich die ausgedehnte Sagittarius-Sternwolke.

Die Profis ausstechen

Amateure arbeiten Bildmaterial von Raumfahrtmissionen auf – und erzielen bessere Ergebnisse als die Experten.

>> Frank Schubert

Schauen Sie mal«, sagt René Pascal und deutet auf den Computermonitor. Auf dem Schirm erscheint ein Landschaftspanorama vom Saturnmond Titan, zusammengesetzt aus Fotos, die die europäische Huygens-Sonde während ihres Abstiegs durch die Titanatmosphäre aufgenommen hat. Von solchen Panoramen hat die europäische Weltraumorganisation Esa in den letzten Monaten einige veröffentlicht – aber dieses hier ist ungewöhnlich groß und detailreich und hat offenkundig eine bessere Qualität als alle seine Vorgänger. Wurde es neu von der Esa herausgegeben? Von der Nasa? Keineswegs. Pascal selbst hat es zusammengepuzzelt – zu Hause, in nächtelanger Arbeit und ausschließlich in seiner Freizeit.

AH, FRANK SCHUBERT

René Pascal **hat das derzeit beste Titanmosaik erstellt – zu Hause auf dem Sofa.**

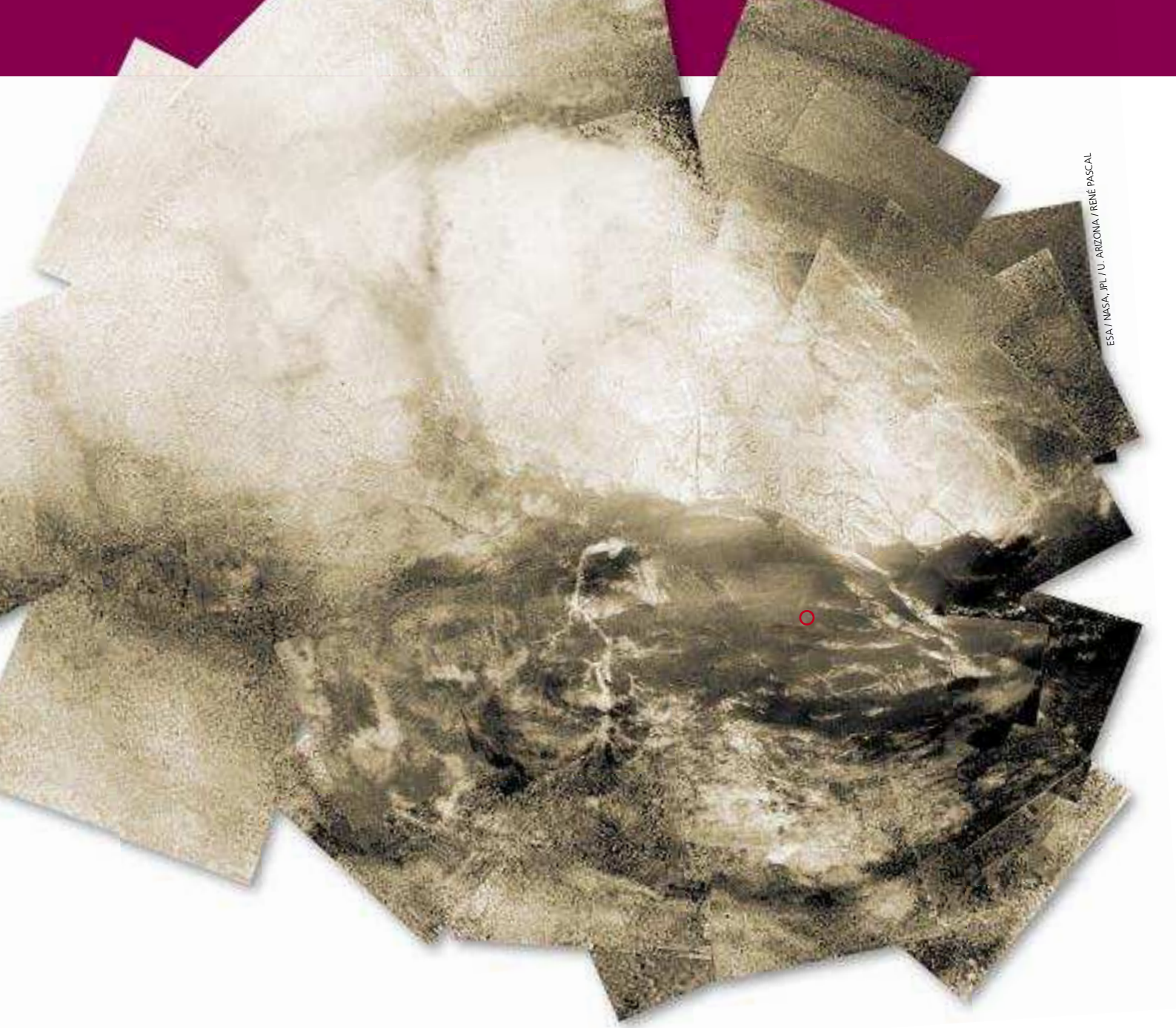
René Pascal ist einer von jenen Amateurastronomen, die in letzter Zeit von sich reden machen, indem sie mit ihrer Arbeit die Profis bei den Weltraumorganisationen überflügeln. Sie laden sich Bilder von aktuellen Raumfahrtmissionen herunter, befreien sie am heimischen Computer von Bildfehlern und Verzerrungen und setzen sie zu exzellenten Mosaiken zusammen – während die Ergebnisse der Esa- und Nasa-Profis auf sich warten lassen oder schlechter ausfallen. Seit die Weltraumorganisationen die unbearbeiteten Rohbilder ihrer derzeitigen Missionen frei zugänglich ins Internet stellen (zum Beispiel unter www.esa.int) und mithin auch Amateure darauf zugreifen können, passiert so etwas immer wieder.

»Ich bin einige Tage nach der Huygens-Mission auf die Rohbilder vom Titan aufmerksam geworden«, sagt Pascal, »sie haben mich so fasziniert, dass ich begierig darauf wurde, mehr zu sehen.« Der promovierte Physiker ist zurzeit am Forschungszentrum Caesar in Bonn angestellt. Er unterstützt dort verschiedene Forschergruppen auf dem Gebiet der Nanotechnologie und arbeitet im Strahlenschutz. Pascal ist schon seit vielen Jahren aktiver Amateurastronom. »Ich mag besonders die Videoastronomie, meist vom Balkon aus – da muss ich nicht lange herumfahren, um einen geeigneten Beobachtungsplatz zu finden«, meint er lachend.

Blick nach oben und nach unten

Mit Bildbearbeitung beschäftigt er sich schon seit vielen Jahren. So hat er zum Beispiel Bilder vom Kometen Hale-Bopp, die er 1997 aufgenommen hat, zwei Jahre später am Pentium aufgearbeitet. Seit den 1980er Jahren ist er in der Hamburger Gesellschaft für volkstümliche Astronomie. »Ich richte meine Freizeit aber nicht völlig auf die Himmelsbeobachtung aus«, erzählt Pascal, »im Sommer mache ich zum Beispiel gerne Kajaktouren mit meiner Freundin in Schweden.« Zwischendurch bastelt er an einer ferngesteuerten Tauchkamera, mit der er vom Boot aus die Unterwasserwelt erforschen möchte.

Nachdem Pascal einmal angefangen hatte, sich mit den Huygens-Bildern zu beschäftigen, hatte ihn das Titanfieber schnell gepackt. Er ging daran, die Rohbilder der Esa zu untersuchen und zu bearbeiten. Zunächst überlegte er, wie er die Bilder von den systematischen Fehlern befreien könne, die die Kamera an Bord von Huygens aufwies. Systematische Kamerafehler können von einer be-



ESA / NASA, JPL / U. ARIZONA / RENÉ PASCAL

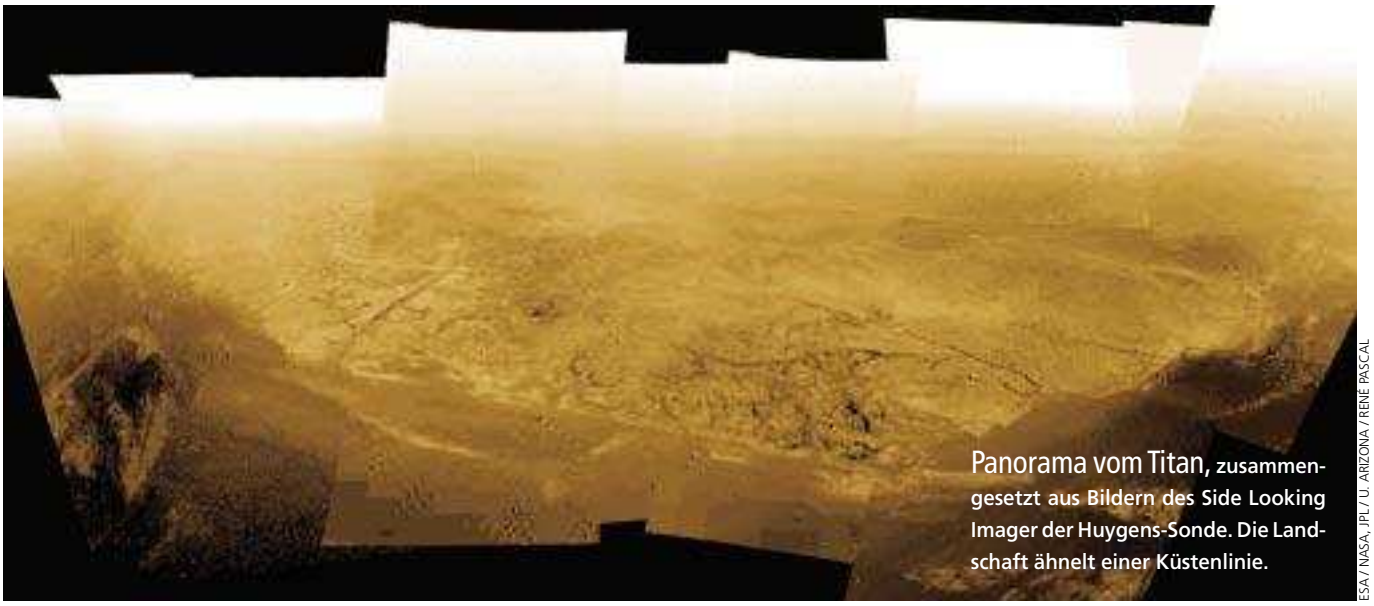
Pascals Titanmosaik stieß bei der Nasa auf großes Interesse. Die Huygens-Landestelle ist rot eingezeichnet. Die hellen Bereiche stellen wahrscheinlich Wassereis, die dunklen vermutlich Methanschlamm dar.

schädigten Optik oder einem defekten Fotochip herrühren und äußern sich zum Beispiel in hellen oder dunklen Bereichen, die auf allen Bildern immer an der gleichen Stelle auftauchen. Schäden dieser Art sind unvermeidlich: Während ihres siebenjährigen Flugs durch den interplanetaren Raum war die Kamera der kosmischen Strahlung ausgesetzt, die besonders den elektronischen Bauteilen im Lauf der Zeit erheblich zusetzt.

Ein pfiffiger Einfall brachte Pascal darauf, die ersten von Huygens aufgenommenen Fotos zu nehmen, die hauptsächlich Atmosphärendunst auf Titan zeigen, und daraus ein mittleres Bild zu berechnen. Der Dunst ist in seinen optischen Eigenschaften sehr homogen, und wenn man mehrere Dunstfotos mittelt, bekommt man idealerweise eine gleichmäßig helle Fläche. Tauchen auf dieser Fläche (dem »Flatfield«) aber helle oder dunkle Strukturen auf, dann spiegeln sie zum großen Teil die Fehler der Kamera wieder. Pascal subtrahierte das Flatfield von allen Huygens-Aufnahmen und eliminierte auf diese Weise den größten Teil der Kamerafehler.

Die so korrigierten Aufnahmen passte er weiter an, indem er sie entzerrte und den Bildkontrast optimierte. Schließlich setzte er die Aufnahmen zu Mosaiken und Panoramen zusammen und färbte diese – ausgehend von den Farbaufnahmen der Esa – teilweise ein. »Mein Computer ist absoluter Standard«, berichtet Pascal, »ich habe die Bildbearbeitung praktisch mit dem Laptop auf den Knien auf dem Wohnzimmersofa gemacht.«

Unlängst wurde er von einem Mitarbeiter des Cassini-Teams der Nasa angeschrieben. Dieser fragte, ob die Nasa-Experten mit Pascals Mosaik arbeiten dürf- >



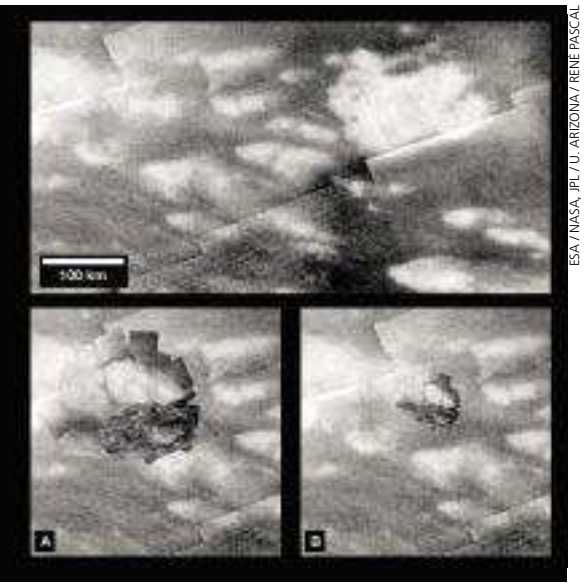
Panorama vom Titan, zusammengesetzt aus Bildern des Side Looking Imager der Huygens-Sonde. Die Landschaft ähnelt einer Küstenlinie.

ESA / NASA, JPL / U. ARIZONA / RENÉ PASCAL

> ten und ob Pascal es ihnen in voller Auflösung zusenden könne. Es sei das beste derzeit zur Verfügung stehende Titanmosaik. »Da ist mir die Kinnlade runtergeklappt«, gibt Pascal zu.

Seltsame Zurückhaltung

Wie ist es zu erklären, dass Pascal, der sich nur in seiner Freizeit damit beschäftigt, Titanpanoramen in bislang unerreichter Qualität erstellte, während von der Esa – nach anfänglicher Euphorie – kaum noch Material zur Titanmission kam? Unmittelbar nach der Huygens-Landung im Januar hatte die Weltraumorganisation reihenweise Rohbilder und wissenschaftliche Ergebnisse veröffentlicht, doch schon nach wenigen Wochen versiegte der Informationsstrom. Seither herrscht weit gehend Funkstille.



ESA / NASA, JPL / U. ARIZONA / RENÉ PASCAL

»Ich vermute, dass die Esa wissenschaftliche Veröffentlichungen in Fachzeitschriften wie ›Science‹ oder ›Nature‹ vorbereitet«, sagt Pascal. »Diese Zeitschriften sind ziemlich restriktiv, was die Herausgabe von Informationen vor dem Erscheinungstermin der Publikationen anbelangt.« Möglicherweise halte die Esa ein Großteil ihres Materials zur Huygens-Mission zurück, um es später exklusiv in Fachblättern unterbringen zu können. Eine andere Erklärung könne er sich nicht vorstellen.

Pascal interessiert sich besonders dafür, inwieweit die Huygens-Bilder mit den Bildern des Nasa-Orbiters Cassini übereinstimmen. Cassini hat das gleiche Gebiet auf Titan aufgenommen, das auch Huygens fotografierte – freilich aus größerer Höhe, mit größerem Blickwinkel und folglich geringerer Auflösung. Durch den sorgfältigen Vergleich der Cassini- und Huygens-Bilder sollte sich herausfinden lassen, welcher Punkt auf den großformatigen Cassini-Bildern der Landestelle von Huygens entspricht.

Hier stieß Pascal auf etwas Überraschendes. Er konnte auf den Cassini-Bildern in der Nähe der vermuteten Landestelle viele Strukturen entdecken, die denen in den Landschaftsmosaiken von Huygens stark ähneln. Die Übereinstimmung ist so gut, dass man sich kaum vorstellen kann, sie sei rein zufällig. Sollte es sich aber tatsächlich um die gleiche Landschaftsformation handeln, dann stimmen die Höhenangaben nicht, die die Esa zum Huygens-Landeanflug herausgegeben hat.

Bei dem Versuch, sein Titanmosaik den Cassini-Aufnahmen zuzuordnen (A und B), entdeckte Pascal überraschende Unstimmigkeiten zu den Höhenangaben der Esa.

Mehr als doppelt so hoch

»Ich bin alles mehrfach durchgegangen – es bleibt stets eine Abweichung um einen Faktor von 2 bis 2,5 bestehen«, sagt Pascal. Nach seinen Ergebnissen hat die Huygens-Sonde ihre Fotos also aus einer zwei- bis zweieinhalbfach größeren Höhe aufgenommen als von der Esa angegeben. »Ich kann mir nicht vorstellen, dass ich die richtige Höhenskalierung habe und die Esa die falsche, aber die visuelle Übereinstimmung ist einfach viel besser mit meiner Skalierung«, meint Pascal. Die Esa hat sich bislang noch nicht zu seinen Ergebnissen geäußert.

Pascal wird sich auch weiterhin mit der Auswertung von Astro-Rohbildern beschäftigen. Besonders gespannt ist er, ob die Cassini-Sonde bei ihren künftigen Vorbeiflügen am Titan das Landegebiet von Huygens in noch besserer Qualität als bisher aufnehmen kann. Dadurch ließen sich die Cassini-Bilder den Huygens-Aufnahmen verlässlicher zuordnen. Sollte sich am Ende herausstellen, dass Pascal mit seiner Höhenskalierung richtig lag, dann wäre dies ein enormer Triumph für die Amateurastronomie. <<

Frank Schubert empfiehlt wärmstens die Webseite von René Pascal: www.beugungsbild.de/index.html

Staubsauger fürs All

Die Physikerin und Ingenieurin Hanna von Hoerner baut Spektrometer zur Analyse von Kometen- und Interstellarem Staub – und tut nichts lieber als das. >> Carolin Konermann

Ein Haus am Schlossplatz im nordbadischen Schwetzingen, beste Lage. Dort steht es unauffällig wie eine vergessene Scheune in der hufeisenförmigen Häuserreihe. In der Eingangshalle stehen Vitrinen, die Sekretärin führt uns durch eine quietschende Tür ins Vorzimmer. Darin uraltes, aber stilvolles Mobiliar, viel dunkelbraunes Holz, dunkler Teppichboden. Papierkram teilt sich einen Beistelltisch mit dem schicken Kaffeeautomaten, daneben zwei winzige Herdplatten, um die Espressotassen vorzuwärmen. Wir sind zu Gast bei Hanna von Hoerner, der weltweit wahrscheinlich wichtigsten Herstellerin von Kometenexperimenten für Esa und Nasa. Aus dem Nebenzimmer dringt eine tiefe Stimme im Gespräch mit der Sekretärin. Wer mag diese Frau sein, die sich mit ihrem selbst gegründeten Zwanzig-Mann-Unternehmen gegen die großen Raumfahrtkonzerne der Welt durchzusetzen weiß?

Als wir zum Interview herübergebeten werden, legt Hanna von Hoerner gleich los. Sie ist eine eindrucksvolle Frau von 62 Jahren, mit forschem Auftritt und dunkler Stimme, die sie wohl den Zigarillos verdankt. Die feinen silbrigen Haare hat sie hinter die Ohren geklemmt, der lange Pony fällt ihr ins wettergebräunte Gesicht mit den herben Zügen. Schwerer, aufeinander abgestimmter Türkis- und Silberschmuck zum Hosenanzug aus grobem Webstoff unterstreicht die Ausstrahlung einer Respekt gebietenden Frau.

»Diese Firma, die von Hoerner & Sulger GmbH, habe ich mit einem Studienkollegen gegründet, noch während ich an meiner Doktorarbeit in Experimentalphysik schrieb«, erzählt sie. 29 Jahre war sie, Jahrgang '42, damals alt. Zunächst ging es nur darum auszuprobieren, ob man von einem solchen Unternehmen leben könnte. Doch nach den ersten drei Jahren liefen die Geschäfte zumindest so gut, dass die junge Physikerin entschied, selbstständig zu bleiben.

AH / UWE REICHERT

Hoch zum Kometen In der Galerie im Schwetzinger Firmensitz zeigt Hanna von Hoerner Schautafeln und Modelle der Projekte. Cida war eines ihrer größten Kometenexperimente.

Vielleicht gab damals den Ausschlag, dass sie in ihrem Raumfahrtunternehmen ihre beiden Leidenschaften vereinbaren konnte: die Physik und das Basteln mit Elektronik. Beide Themen ziehen sich durch ihre Lebensgeschichte. Hanna von Hoerner wuchs in Göttingen auf, damals eine der europäischen Hochburgen für Physik. Ihr Vater Sebastian von Hoerner war ein berühmter Astrophysiker, Koryphäen wie Werner Heisenberg und Carl Friedrich von Weizsäcker gingen bei der Familie ein und aus. Der Vater nahm sie mit ins Max-Planck-Institut für Physik, wo zu dieser Zeit die ersten elektronischen Rechenmaschinen gebaut wur- >

LAND BADEN-WÜRTTEMBERG / SCHOLZ & FRIENDS AG

Im Werbespot für das Land Baden-Württemberg erklärt Hanna von Hoerner, wofür ihre Kometenspektrometer gebraucht werden: als »eine Art Staubsauger für das All«. Miniroboter Nanokhod kriecht als Nebendarsteller übers Zelluloid. Und weil Weltraumtechnologie futuristisch ist, beamt sich von Hoerner am Ende des Films selbst aus dem Bild.

> den. Die dortigen Physiker weihten die Sechsjährige, die schon ihr erstes eigenes Radio gebaut und – zum Entsetzen Sebastian von Hoerners – an ihrem Kasperletheater mit einer 220-Volt-Illumination experimentiert hatte, in die Grundbegriffe der Elektronik ein. Später zog die Familie erst nach Heidelberg, dann erhielt Sebastian von Hoerner in den 1960er Jahren einen Ruf in die USA ans damals weltgrößte Radioteleskop in Green Bank, West Virginia.

Dort am Observatorium machte auch Tochter Hanna, die gerade das Abitur hinter sich gebracht hatte, eine Elektronikausbildung, bevor es sie 1965 zum Physikstudium wieder nach Deutschland zog. »Nun hatte ich in Amerika modernste Elektronik gelernt«, erläutert sie ihren Entschluss zur Rückkehr, »und während Deutschland diesbezüglich damals noch finsterstes Mittelalter darstellte, war Heidelberg wiederum für die Physik recht berühmt.« Ihr späterer Doktorvater, Professor Otto Haxel, hatte dort gerade eine der ersten deutschen Arbeitsgruppen für Weltraumforschung gegründet. Er war froh, dass von Hoerner sich mit ihren herausragenden Elektronikkenntnissen den Pionieren anschloss. Später profitierte ihre Firma von den Verbindungen.

Mit dem Staubsauger ins Weltall und ins Fernsehen

Seither machten sich Hanna von Hoerner und die vH&S-GmbH vor allem mit Kometenspektrometern einen Namen. Auf die Analysegeräte zur Untersuchung von Kometen- und Interstellarem Staub – »eine Art Staubsauger für das All«, wie sie selbst sagt – hat sie so etwas wie ein Monopol. »Außer uns gibt es wohl keine Firma in der Welt, die bei jeder der bisherigen Kometenmissionen mit einem Experiment beteiligt war«, schätzt die Unternehmenschefin. Nur bei Deep Impact (»Blick in den Kometen«, S. 24) kamen sie leider nicht zum Zuge, schränkt sie etwas verärgert ein.

Insgesamt haben sie und ihr Team schon mehr als zwanzig Raumfahrtprojekte und über dreißig Raketenexperimente erfolgreich entwickelt und gebaut. Doch nicht alle sind auch wirklich zum Einsatz gekommen. »Natürlich hat es Fälle gegeben, in denen unsere Geräte nur so lange funktionierten, bis das Raumschiff explodierte«, spielt von Hoerner etwa auf Mars '98 oder die Nasa-Mission Contour an.

Andere Höhen und auch Tiefen hat ihr Weltraumtechnikunternehmen seither erlebt. Vom ursprünglichen Partner trennte sie sich 1991, später brachte ein unerwartet gestrichenes Projekt vH&S an den Rand des finanziellen Ruins. Dass in den vergangenen Jahren die Raumfahrtbudgets immer weiter schrumpften, bekam die Firma schmerzlich zu spüren. Doch in der Krise wussten die Weltraumspezialisten Unternehmen anderer Branchen wie der medizinischen, pharmazeutischen und Verpackungsindustrie mit ihren innovativen Lösungen zu überzeugen.

Auch das Land Baden-Württemberg überzeugte der Innovationsgeist der Unternehmerin. Im November und Dezember 2004 war Hanna von Hoerner daher in einem TV-Werbespot als Technologiebotschafterin für das Land zu sehen. »Das war ein interessantes Chaos«, lacht sie kopfschüttelnd, »die kamen hier mit Lastwagen voller Ausrüstung an, passten mit ihren Kameras nicht durch die Eingangstür und mussten diese schweren Ungetüme erst einmal auseinander bauen. Wie in Hollywood haben sie dann zwanzig Rollen Film vollgedreht … Und das alles für einen Werbefilm von dreißig Sekunden.« Sie selbst hat ihren Fernseher schon vor Jahren auf dem Speicher eingelagert, bekam aber zumindest eine DVD mit dem Spot, der auf www.wir-koennen-alles.de im Internet steht.

Sterne über dem Weinberg

In der Eingangshalle des Schwetzinger Firmensitzes zeigt von Hoerner stolz die Galerie vergangener Projekte. »Cosima« und »Cida« sind darunter wohl die größten. Der »Cometary and Interstellar Dust Analyzer« startete 1999 mit der Stardust-Sonde zum Kometen Wild 2 durch. Doch ihre besondere Freude hat die Ingenieurin an einem kleinen Roboter mit dem Namen Nanokhod (Bild rechts), der als Nebendarsteller im Werbefilm mitwirken durfte. Das Kettenfahrzeug, das einst über den Planeten Merkur kriechen soll, würde problemlos in jede Keksdose passen. Von Hoerner beteuert, das sei tatsächlich die Originalgröße. Sie bedauert, dass das fahrbare Vorführmodell sich gerade im anderen Firmengebäude befindet. Sonst nimmt sie gerne selbst die Fernbedienung in die Hand, um das ferngesteuerte Auto Besuchern vorzuführen.

Neben den Vitrinen mit den Weltraumexperimenten stapeln sich in einer Ecke Weinkisten. »Die sind noch aus Frankreich«, erklärt sie und sinniert, vielleicht könne sie daraus ja eine Beschäfti-

LAND BADEN-WÜRTTEMBERG / SCHOLZ&FRIENDS AG

gung für die Zeit nach ihrer Pensionierung machen: Ein wenig Erfahrung mit dem Weinbau habe sie bereits. Und ihr Ferienhaus, aus dem sie erst vor wenigen Tagen wieder zurückgekommen ist, liegt schließlich mitten in den Weinbergen der Provence.

Die schaut sie sich meist aus einer ganz besonderen Perspektive an. Denn in einem Anbau an das alte Gebäude hat sie einen Astronomentraum verwirklicht: ein Badezimmer, bei dem sie dank einer Glasfront in der Wanne liegend direkt in den Himmel sehen kann. »Das ist so eine etwas größere Badewanne«, beschreibt sie genießerisch, »und da kann man wunderbar drinliegen, hat rechts daneben das Rotweinglas und guckt über die ganzen Weinberge bis in den Himmel. Das ist herrlich!«

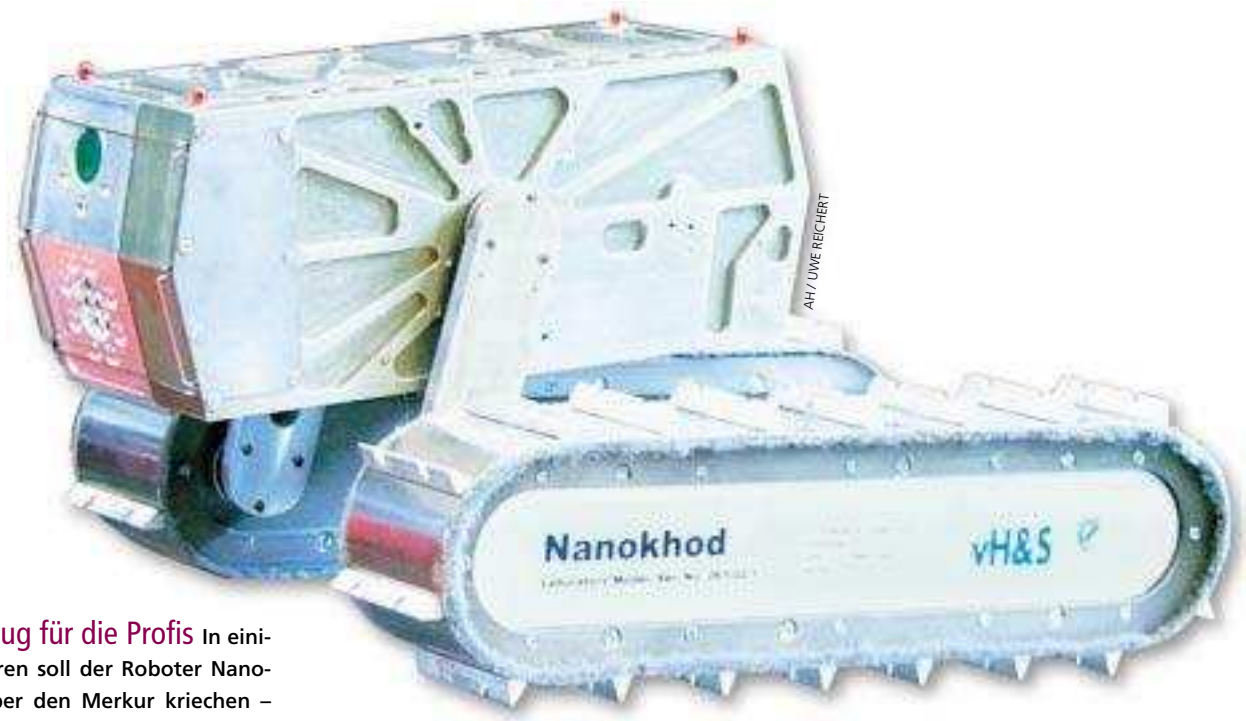
Die Provence sei überhaupt der ideale Ort dafür. »Da ist die Luft viel klarer als hier, und es gibt diese Nächte, wo man die ganze Milchstraße sieht und die Sterne bis hinunter zum Horizont«, schwärmt sie. Das erinnere sie immer an ihren Vater, der kurz vor seinem Tod noch sein letztes Buch vollendete (»Sind wir allein? SETI und das Leben im All«, Rezension in AH September/Oktober 2003, S. 93).

Dort heißt es in der Einleitung: »Haben Sie überhaupt schon mal einen vollen, wirklich klaren Sternhimmel zu sehen bekommen? In seiner ganzen Fülle und Pracht? So klar, dass man noch unten am Horizont zuschauen kann, wie dort die Sterne auf- und untergehen? Denn eigentlich sollte man das schon selber erlebt haben, bevor man dieses Buch weiterliest.«

Vieles hat sie vom Vater mitbekommen. Ihre Bindung zu ihm ist deutlich zu spüren, auch jetzt noch, zwei Jahre nach seinem Tod. Als sie über ihn spricht, dauert es eine ganze Weile, bis sie ihre Stimme wieder im Griff hat. »Der Weltraum ist so eine faszinierende Sache, das konnte er einem unheimlich gut vermitteln. Wir haben als Kinder viel über solche Dinge gesprochen, ganz früh schon. Da liegt so viel sinnvoller Zusammenhang drin, so fantastische Logik und eine solche Schönheit.«

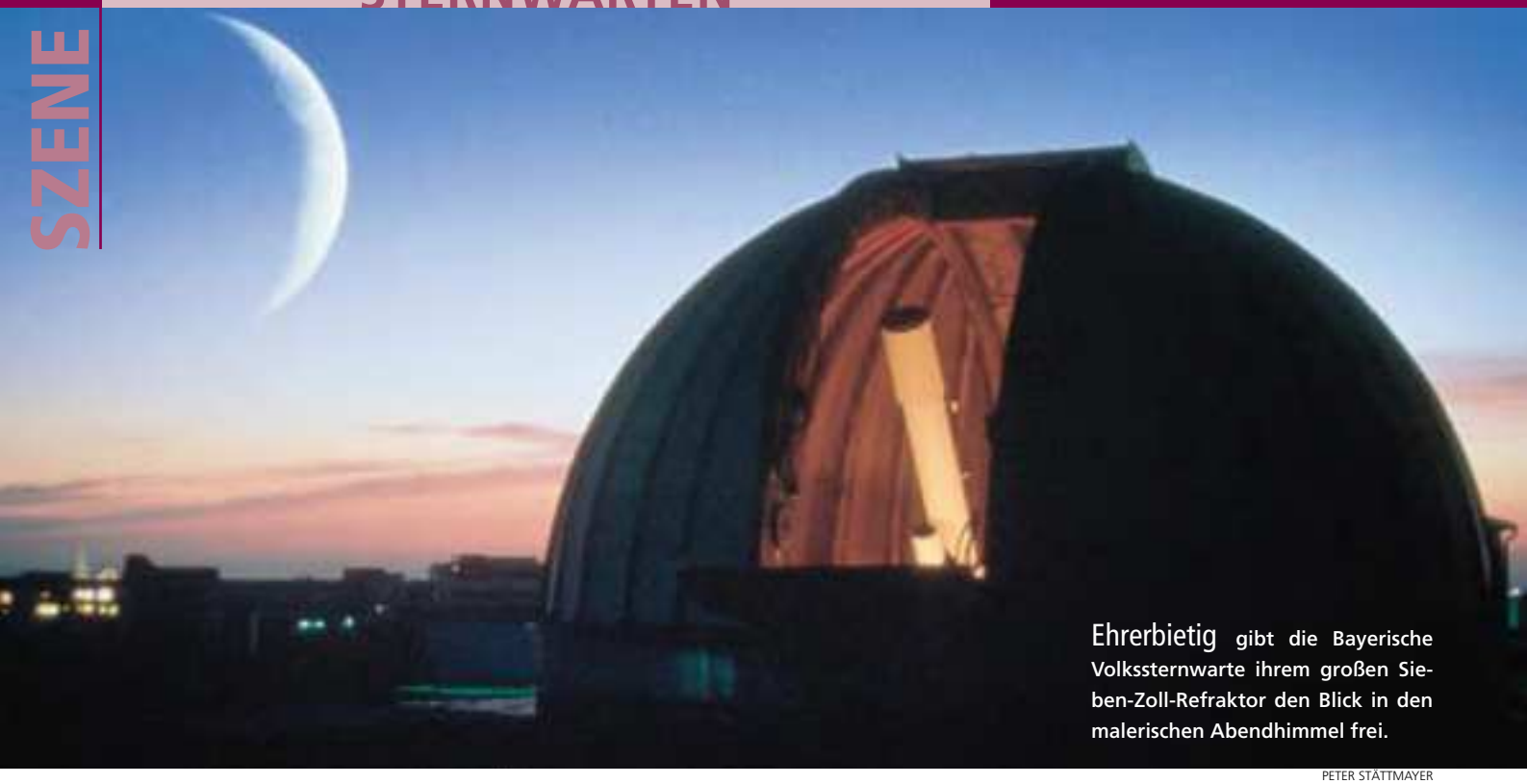
Und deshalb hat sie auch nur einen ganz großen Traum, und der wiederum dreht sich ums Basteln: »Ich würde gerne noch unheimlich viele Kometenspektrometer oder Raumfahrtexperimente bauen – egal was es ist«, beschließt sie mit einem Augenzwinkern. Und wendet sich schon wieder ihrer Arbeit zu, denn die ist noch immer ihre ganz große Leidenschaft. <<

Carolin Konermann ist Wissenschaftsjournalistin. Sie teilt Hanna von Hoerners Einstellung, dass Kometen mit die interessantesten Objekte im Universum sind.



AH / UWE REICHERT

Spielzeug für die Profis In einigen Jahren soll der Roboter Nanokhod über den Merkur kriechen – zurzeit tut's noch der Fußboden.



Ehrerbietig gibt die Bayerische Volkssternwarte ihrem großen Sieben-Zoll-Refraktor den Blick in den malerischen Abendhimmel frei.

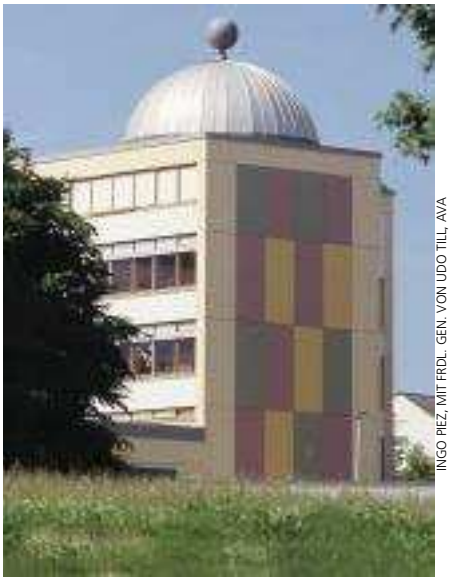
PETER STÄTTMAYER

Weiß-blaue Sterne

Die Bayerische Volkssternwarte prägt die Amateurastronomie im Großraum München maßgeblich. Doch auch andere Sternwarten haben sich dort etabliert. **>> Michael Vogel**

Wenn man sich beim Beobachten mit anderen austauschen kann, sieht man mehr im Fernrohr«, sagt Bruno Wagner, der Erste Vorsitzende der Astronomischen Vereinigung West-München (AVWM, www.avwm.org). Damit liefert er vielleicht eine Erklärung für die stattliche Zahl von astronomischen Vereinen in der bayerischen Landeshauptstadt und ihrer Umgebung: Acht Organisationen tummeln sich zwischen Augsburg und Bad Tölz. Oft bildeten Schulen oder Volkshochschulen die Kondensationskeime für die Vereine.

So war es auch bei der AVWM, die 1978 aus einer Arbeitsgemeinschaft am Gymnasium Olching entstanden ist. Fünfzig Mitglieder zählt der Verband inzwischen, der sich zum Ziel gesetzt hat, »die Vereinsmeierei klein und den Spaß am Beobachten groß zu halten«, wie es Wagner formuliert. Die meisten AVWM-Mitglieder sind zwischen dreißig und 65 Jahre alt und fahren zum Beobachten gerne mit dem vereinseigenen Zwölf-Zoll-Dobson in die nahe gelegenen Alpen.



INGO PIEZ, MIT FRDL. GEN. VON UDO TILL, AVA

Unter der Kuppel der Diedorfer Sternwarte sind die Stars ein 45-Zentimeter-Newton und ein 15-Zentimeter-Coudé-Refraktor.

Ihren Ursprung in Volkshochschulkursen haben sowohl die dreißig Mitstreiter zählende Astrogilde als auch die Astronomische Gesellschaft Buchloe (www.astronomie-buchloe.de) mit hundert Mitgliedern. Die Astrogilde (www.astrogilde.de) entstand an der VHS Fürstenfeldbruck, wo auf einer Hauptschule ein 20-Zentimeter-Refraktor für Führungen zum Einsatz kommt. Derzeit entsteht auf dem neuen VHS-Gebäude in Gilching die künftige Hauptsternwarte der Astrogilde. Ein 51-Zentimeter-Newton wird dort voraussichtlich im Frühsommer seiner Bestimmung übergeben. In der Astrogilde gibt es eine aktive CCD-Fotografie-Gruppe und Sonnenbeobachter.

Der Astrofotografie – vom klassischen Film bis hin zur CCD-Kamera – haben sich auch mehrere Mitglieder der Astronomischen Gesellschaft Buchloe verschrieben. Daneben gebe es in der Vereinigung versierte Kometen- und Kleinplanetenbeobachter, sagt deren Erster Vorsitzender Bernd Koch. Für Neun- bis 13-Jährige bieten die Buchloer eine Jugendgruppe an. Sowohl die Astrogilde als auch die Buchloer Sternfreunde betreiben klassische Volkssternwarten mit Führungsbetrieb für die Öffentlichkeit.

Auch die weiter nördlich gelegene Sternwarte Diedorf, die von der Astronomischen Vereinigung Augsburg (AVA, www.sternwarte-diedorf.de) betrieben

wird, ist offen für Publikum. Hervorgegangen sei der Verein aus einem astronomischen Stammtisch, erzählt Vorstandsmitglied Udo Till. Als die Mitglieder der 1965 gegründeten AVA sich im Rahmen des Neubaus einer Diedorfer Schule den Traum von einer Sternwarte verwirklichen konnten, zögerten sie nicht lange. Besonders stolz ist die AVA auf ihr Anfang der 1980er Jahre gebautes Leuchtdiodenplanetarium (siehe Kasten). »Die Wartung ist allerdings aufwändig, weil die Konstrukteure nicht mehr zum Verein gehören und die Ansteuerung der Dioden nur schlecht dokumentiert ist«, sagt Till.

Zwischen Augsburg und München liegt das Dachauer Hinterland, das noch kaum Streulicht aufweist. Hier, auf einer Anhöhe in der Nähe der Autobahnausfahrt Odelzhausen, kann man auf Teilnehmer des Astro-Treffs Münchner Norden (ATMN, www.atmn.info) stoßen. »Wir sind eine reine Interessengemeinschaft, kein Verein«, erzählt Helmut Sedlatschek. Als Sedlatschek sich im Jahr 2001 zusammen mit vier Gleichgesinnten in einer Dachauer Gaststätte traf, rechnete wohl noch keiner der damaligen Teilnehmer damit, dass knapp vier Jahre später fast sechzig Sterngucker auf dem ATMN-Verteiler stehen würden. Einmal im Monat trifft man sich noch immer in Dachau zum Stammtisch und fährt vor allem an den Neumondwochenenden Richtung Odelzhausen zum Beobachten.

Doch nicht nur im Westen und Nordwesten Münchens gibt es Vereine. Auch südlich, in der Nähe des Starnberger Sees, befinden sich zwei Einrichtungen: die Christian-Jutz-Volkssternwarte in Berg (http://people.freenet.de/ovsb) sowie die Volks- und Schulsternwarte Geretsried (www.sternwarte-geretsried.de).

STERNWARTE BUCHLOE, BERND KOCH

Die Sternwarte in Berg existiert seit 1992 und zählt fünfzig Mitglieder. Der ebenso große Verein in Geretsried verdankt die Existenz seiner Sternwarte letztlich dem Architekten, der das Anfang der 1970er Jahre gebaute Schulzentrum mit der Beobachtungskuppel geplant hat, sowie dem Hobbyastronomen Eduard Lenz, der sich 1975 für den Innenausbau der Kuppel und einen Trägerverein für die Sternwarte stark machte.

Bayerische Spezialität: der Pfanni-Nebel

Die größte astronomische Einrichtung im Münchner Raum ist die Bayerische Volkssternwarte (www.sternwarte-muenchen.de), die auf einem ehemaligen Hochbunker mitten in der Stadt platziert ist. Der 1947 gegründete Trägerverein hat mehr als sechshundert Mitglieder und beschäftigt drei hauptamtliche Kräfte. Zahlreiche Veranstaltungen für Sterngucker, Kindergeburtstage und Schulklassen finden in der Sternwarte statt. Jeden Freitag trifft sich die seit Jahrzehnten aktive Meteorbeobachtergruppe.

Auf der Dachterrasse können die Sterngucker aus einem ganzen Instrumentenpark ein Gerät für die Beobachtung auswählen. Die größten sind ein sieben- und ein zehnzölliger Refraktor, ein 16-Zoll-Schmidt-Cassegrain sowie ein brandneues Achtzig-Zentimeter-Cassegrain, das mit Spenden finanziert und im Januar 2005 eingeweiht wurde. »Natürlich würde der Achtzig-Zentimeter-Spiegel außerhalb der Stadt mehr leisten«, sagt Peter Stättmayer, der Leiter der Sternwarte. »Aber auch von hier aus ist seine Leistung gewaltig.«

Zumal sich die Sichtbedingungen im direkten Umfeld der Bayerischen Volkssternwarte gebessert haben. Früher gab es hier wegen der nahe gelegenen Pfanni-Werke, die inzwischen stillgelegt sind, sehr viel Wasserdampf in der Luft. Die Astronomen witzelten damals über den »Pfanni-Nebel«, den man nur von der Münchner Volkssternwarte aus sehen könne. Auch der nahe gelegene Kunstpark Ost mit seinen zahlreichen Diskos hat den Beobachtern nicht nur Freude bereitet. »Aber es bessert sich«, so Stättmayer. »Und auch die Disko im Keller unseres Gebäudes wird bald ausziehen.« So mancher ortsfremde Sternwartenbesucher habe sich in der Vergangenheit versehentlich in die Warteschlange für die Disko eingereiht, erzählt Stättmayer.

Ein Wermutstropfen trübte jedoch Anfang des Jahres die Stimmung in der Münchener Astronomenszene: Mit der Insolvenz des Forums am Deutschen Museum (ehemals Forum der Technik) schlossen sich im Februar auch für das Planetarium auf der Museumsinsel die Tore. <<

Die Buchloer Astronomietage

locken jedes Jahr eine Menge Besucher mit ihren Teleskope aufs Sternwartengelände.

Highlights

Selbst gemacht: An der Bayerischen Volkssternwarte München treffen sich jeden Dienstagabend Sternfreunde, die sich dem Selbstbau von Teleskopen und dem Schliff von Spiegeln verschrieben haben. Der bekannte Amateurastronom und Fernrohrbauer Stathis Kafalis betreut die Zusammenkünfte (www.sternwarte-muenchen.de, »VSW-Aktuell«).

Verkabelt: Die Astronomische Vereinigung Augsburg betreibt ein besonderes Kleinplanetarium, bei dem rund 2000 Leuchtdioden innerhalb der Kuppel den Sternhimmel darstellen. Zwar lassen sich Sternbewegungen nur eingeschränkt simulieren, aber da die künstlichen Sterne punktförmig sind, wirkt der Anblick sehr natürlich (www.sternwarte-diedorf.de).

Herangezoomt: Jeder kann einen Überflug der Internationalen Raumstation mit dem bloßen Auge verfolgen. Auf der Bayerischen Volkssternwarte gibt es den künstlichen Erdtrabanten auch im 16-Zoll-Fernrohr zu sehen – automatisch nachgeführt durch eine ausgefeilte Steuerung (www.iss-tracking.de).

Michael Vogel ist Wissenschaftsjournalist in Bietigheim-Bissingen im Raum Stuttgart.

Große Leistung mit kleinem Gepäck

Gute Teleskope sind groß und sperrig: So lautet ein Gesetz der Astronomie. Für den Dobson von Hofheim Instruments könnte eine Gesetzesänderung notwendig werden. **>> Stefan Seip**

Seit Jahren steigt die Beliebtheit von Dobsonteleskopen bei Amateurastronomen. Es sind Newton-Spiegelteleskope, die auf einer extrem einfachen, alt-azimutalen Montierung mit der Hand in horizontaler und vertikaler Richtung bewegt werden können. Eine motorische Nachführung gibt es meistens nicht. Im Vergleich zu einer aufwändigen, parallaktischen Montierung sind die der Dobsonteleskope leicht und preiswert herzustellen, sodass der Käufer hier »viel Teleskopöffnung für sein Geld« erhält. Als Erfinder gilt der heute neunzigjährige US-Amerikaner John Dobson, den ASTRONOMIE HEUTE in Heft 9/2005 in einem Porträt vorstellen wird. Für die Astrofotografie mit langen Belichtungszeiten sind Dobsonteleskope dagegen nicht geeignet.

Auch die Zahl derer, die einen Dobson in Eigenregie bauen, wächst stetig. Der einfache Aufbau dieses Fernrohrtyps fördert diese Entwicklung noch. Auf Teleskoptreffen präsentieren die Amateurteleskopbauer ihre Konstruktionen und mancher Zuschauer staunt nicht schlecht über ihren Einfallsreichtum. Ich selbst schaue mir immer neidvoll Geräte an, die die Erbauer auf extreme Handlichkeit und geringes Gewicht getrimmt haben. Neidvoll deshalb, weil man mit solchen Gerä-

ALLE FOTOS: STEFAN SEIP

Rohbau Der Hofheim-Dobson in voller Montur. Für den Aufbau wird keinerlei Werkzeug gebraucht. Eine Feder als Friktionssystem, Leuchtpunktsucher und Präzisionseinstellring sind als Zubehör erhältlich.

ten unbeschwert verreisen kann, im Handel derart pfiffige Konstruktionen aber meist nicht erhältlich waren. Und für einen Eigenbau fehlt es mir an Zeit und an handwerklichem Geschick.

Entsprechend groß war meine Neugier, als ich erfuhr, dass ein Reisedobson mit Acht-Zoll-Öffnung angeboten wird, der sich – auf ein minimales Packmaß zusammengelegt – problemlos im Handgepäck transportieren lässt. Hersteller ist die deutsche Firma Hofheim Instruments, die aber außer diesem Gerät samt Zubehör im Moment noch keine weiteren Produkte im Portfolio hat. In einem Praxistest machte ich erste Erfahrungen mit diesem handlichen Gerät.

Problemloser Aufbau

Da stand sie nun vor mir: eine edle schwarze Holzkiste mit Tragegriff, die gerade einmal 31 mal 32 mal 20 Zentimeter groß ist und acht Kilogramm auf die Waage bringt. Das sollte also ein kompletter Achtzöller sein? Erst nach dem Öffnen der Box schwanden meine Zweifel. Fein säuberlich und durchdacht sind darin alle Bestandteile transportsicher verstaut. Den Hauptspiegel schützt eine Platte aus Plexiglas, die seitlich auf Holzkanten aufliegt und den Spiegel nicht berührt. Sie dient als Auflagefläche für den aus Holz sauber ausgeführten achteckigen »Hut« des Teleskops, in dem der Fangspiegel sitzt. Dessen dreiarmige Halterung besteht aus drei Millimeter breiten Gewindestangen.

Der Spiegel mit fünf Zentimeter wirksamem Durchmesser schattet linear 25 Prozent der Öffnung, also sechs Prozent der Primärspiegelfläche ab. Er ist mit Silikon aufgeklebt und voll justierbar, was mit Handschrauben ohne Einsatz von Werkzeug geschieht. Am Hut ist außerdem ein äußerst flacher, feingängiger Zwei-Zoll-Okularauszug angebracht, mit dem man durch Hinein- oder Herausschrauben in den Schärfepunkt gelangt (Helikalfokussierer). Verstellt wird in ziemlich kleinen Beträgen, sodass die Fokussierung einfach von der Hand geht. Das ist bei einem Spiegelteleskop mit einem Öffnungsverhältnis von 1:4 durchaus relevant.

Nach dem Prinzip der russischen Schachtelpuppe Matroschka liegt die Hauptspiegelbox in der Transportkiste verborgen. Darunter kommt die nächste Überraschung zum Vorschein: Acht ausklappbare Streben, die aussehen wie grau lackierte Zollstöcke. In der Tat hat jede von ihnen drei einschnappende Gelenke, die aber sicher und stabil einrasten. Mit diesen knapp sechzig Zentimeter langen, klappbaren Verstrebungen wird der Hut des Teleskops über dem Hauptspiegelkasten montiert. Zugegebenermaßen wäre ich dieser Technik anfangs sehr skeptisch gegenübergestanden, wenn ich nicht bereits vor einigen Jahren den »Zollstockdobson« von Michael Koch aus Herzberg kennen gelernt hätte, den der Amateurastronom aus echten Zollstöcken nach dem gleichen Prinzip konstruiert hatte.

Auch ohne die Hilfe einer zweiten Person geht der Zusammenbau des Achtzöllers problemlos von der Hand. Werkzeug ist nicht nötig, denn in den Stöcken sind Löcher, die in entsprechende Zapfen am Hut passen. Gesichert wird jede Verbindung durch drehbare Flügel (siehe großes Bild oben). Der Okularauszug muss nach oben zeigen und kann wahlweise in Ost- oder in Westausrichtung montiert werden. Bevor das fertige Teleskop in die dobsontypische Montierung, die »Rockerbox«, eingesetzt werden kann, müssen noch zwei halbkreisförmige Höhenräder mit jeweils zirka zwanzig Zentimeter Durchmesser durch Handschrauben gelöst und in einer um 45 Grad gedrehten Position wieder festgeschraubt werden.

In der schwarzen Holzkiste (rechts) mit den Alu-Winkelleisten findet das komplette Acht-Zoll-Teleskop Platz. Nach dem Öffnen kommen die schwarz lackierte Rockerbox, der hellbraune Hauptspiegelkasten sowie die achteckige Fangspiegelhalterung mit dem Okularauszug zum Vorschein (Bild oben).

Teflonpads als Gleitlager

Die Rockerbox ihrerseits wird auf der Transportkiste, die auf drei Standfüßchen steht, drehbar montiert. Ein simpler Metallzapfen dient als Achse, während drei Teflonpads als Gleitlager zum Einsatz kommen. Diese sind mit winzigen >

Züchtig verhüllt Die als Zubehör erhältliche Anti-Streulichthülle verhindert den seitlichen Einfall von Streulicht und vermeidet unerwünschte Bildreflexe.

> Schräubchen an Holzdübeln befestigt, die im Lauf der Zeit sicherlich herausbrechen. Hier wäre eine stabilere Konstruktion wünschenswert. Mit diesem Aufbau beträgt die Einblickshöhe bei Zenitstellung etwa einen Meter, was ein bequemes Beobachten im Sitzen erlaubt.

Schnelle Justierung

Als Nächstes muss die Newtonoptik justiert werden. Dazu wird die Plexiglasscheibe vor dem Hauptspiegel entfernt und ein Laserkollimator, ein Chesire-Okular oder eine Filmdose mit zentralem Loch in den Okularauszug gesteckt. Leider passt der Justierlaser von Baader-Planetarium gerade nicht in die etwas zu enge 1¼-Zoll-Hülse hinein. Der Hauptspiegel mit drei Paaren Zug- und Druckschrauben kann bequem mit der Hand eingestellt werden. Trotz mehrfachen Auf- und Abbaus in der Testphase dejustierte sich die Optik nur geringfügig. Eine Neueinstellung nach dem Aufbau ist zudem in wenigen Minuten erledigt. Bei einem Newtonteleskop mit einem Öffnungsverhältnis von f/4 ist dessen Leistung jedoch sehr stark von einer möglichst exakten Justage abhängt. Zu vernachlässigen ist dieser Schritt also nicht.

Nun ist das Teleskop schon fast einsatzbereit und lässt sich butterweich in horizontaler und vertikaler Richtung schwenken. Doch je nach dem Gewicht des verwendeten Okulars verharrt es nicht in jeder gewünschten Position. Um das zu vermeiden, sollte unbedingt das »Friktionssystem« – eine Feder, die den Anpressdruck und damit die Reibung eines Höhenrads verstärkt – hinzugekauft werden. Fast unentbehrlich ist auch der optional erhältliche Okularadapter von zwei auf 1¼ Zoll. Um in den Fokus zu gelangen, ist er besonders flach gehalten. Für diese beiden wichtigen Zubehörteile, die eigentlich zur Grundausstattung gehören sollten, müssen Sie noch einmal Mehrkosten von 98 Euro einplanen.

Fehlender Sucher

Auch ein Sucher fehlt im Lieferumfang. Da ich meinen großen und schweren Sucher an dem Dobson nicht verwenden wollte, entschied ich mich für den Leuchtpunktsucher mit Basis, den Hofheim Instruments als Zubehör angebietet. Je nach dem Umgebungslicht am Beobachtungsplatz ist auch der Erwerb der optionalen Anti-Streulichthülle sinnvoll. Sie besteht aus einem schwarzen Tuch, das als Ersatztubuswand dient und das Teleskop seitlich gegen Fremdlicht abschirmt. Bei meinen Beobachtungen zeigte sich, dass auch dieses Zubehör sehr wichtig ist, denn bereits eine entfernt stehende Straßenlaterne oder der Mond können die Bildqualität erheblich beeinträchtigen. Und im Übrigen steht »das kleine Schwarze« dem Dobson-Teleskop ausgesprochen gut.

Doch Teleskope sind nicht zum An-, sondern zum Durchschauen: Also nichts wie raus zum »First Light« unter den Sternhimmel! Als Testokulare standen mir ein Zwei-Zoll-31-Millimeter-Nagler, ein 16-Millimeter-Nagler T5, ein Zehn-Millimeter-Zeiss-Ortho und Drei-bis-Sechs-Millimeter-Nagler-Zoomokular zur Verfügung. Bei 800 Millimeter Brennweite deckt dieses Okularsegment einen Bereich von 26- bis 266facher Vergrößerung ab. Das 31-Millimeter-Nagler bietet ein beeindruckendes Gesichtsfeld von drei Grad, bringt die Balance des Teleskops aber ein klein wenig aus dem Gleichgewicht: Der Dobson wird trotz Friktionssystem kopflastig.

Nach Sonnenuntergang nahm ich zuerst den Halbmond ins Visier. Stufe um Stufe steigerte ich die Vergrößerung. In gleichem Maße wuchs meine Begeisterung. Gestochen scharf präsentierten sich die Krater am Terminator in den Pausen mit ruhiger Luft, die mir das Seeing (siehe »Ein Funkeln in den Augen«,

Hut ab! Die Fangspiegelhalterung mit aufgestecktem Sucher, Helikalfokussierer und dem Verriegelungssystem für die Zollstockstreben. Die Halterung ist aus Holz mit einer verzahnten Bauweise liebevoll gefertigt und innen mattschwarz lackiert.

AH 5/2005, S. 74) an diesem Abend nur selten gönnte. Auch bei maximaler Vergrößerung (266fach) konnte ich keinen Schärfe- oder Kontrasteinbruch feststellen – ein Hinweis auf eine außerordentlich gute Optik. Noch höhere Vergrößerungen sind schwierig zu realisieren, denn mit einer Barlowlinse lässt sich dieses Gerät nicht mehr scharf stellen. Die maximal sinnvolle Grenze von 400facher Vergrößerung könnte zum Beispiel mit einem Zwei-bis-Vier-Millimeter-Nagler-Zoom erreicht werden. Hohe Vergrößerungen bedeuten aber gleichzeitig auch immer schwindende Gesichtsfelder, was die manuelle Nachführung zunehmend schwieriger macht.

Nach dem Mond schaute ich mir noch den Ringplaneten Saturn an. Bei 266facher Vergrößerung zeigte sich die Cassini-Teilung im Ring gestochen scharf. Schärfe und Kontrast lassen dieses Gerät auch für Planetenbeobachtungen geeignet erscheinen, auch wenn das sicher nicht die Stärke eines f/4-Newtons ist.

Endlich war es dunkel genug, um Deep-Sky-Objekte anzupeilen. M42 – der Orionnebel – offenbarte eine Fülle von Details und vier sauber abgebildete Trapezsterne im Zentrum. Am Sternhaufen M37 im Fuhrmann genoss ich im 16-Millimeter-Okular die punktförmig abgebildeten Sterne. Kein Foto kann das lebendige Flackern der zahllosen Sterne im Gesichtsfeld realistisch wiedergeben. Ich geriet ins Schwärmen und konnte mich beinahe nicht mehr von diesem Anblick trennen. Doch es sollte ja ein Teleskoptest sein und so suchte ich noch die Objekte M35 mit seinem schwachen Begleiter NGC 2158, den Eskimonebel (NGC 2392) und einige Doppelsterne auf. Beim Zweifachstern Kastor lief unglücklicherweise ein Beugungsstrahl, der durch die Fangspiegelhalterung entsteht, durch beide Komponenten und erschwerte deren Trennung. Davon abgesehen bestätigte sich der erste positive Eindruck auf ganzer Linie. Dass bei niedriger Vergrößerung die Sterne am Rand des Gesichtsfelds ein kleines »Schwänzchen« haben, erinnert daran, dass man einen f/4-Newton vor sich hat, der systembedingt Koma zeigt. Doch mit den für den Test verwendeten Okularen trat dieser Effekt nie wirklich störend in Erscheinung.

Gerne hätte ich noch weitere Objekte eingestellt, denn der Spaßfaktor mit diesem Teleskop ist wirklich riesig. Doch eine dunkle Wolkenfront schob sich im Westen bedrohlich empor. In etwa fünf Minuten war das Teleskop zerlegt und wieder fein säuberlich in seiner Transportbox verstaut. Kaum hatte ich diese im Kofferraum untergebracht, fielen auch schon die ersten Regentropfen: Für den Hofheim-Instruments-Reisedobson ist eben keine Unwetterfront schnell genug. <<

Schubsen statt Knipsen: Unser Tester **Stefan Seip** vernachlässigte seine Kamera und freundete sich mit dem Reisedobson an.

Technische Daten und Bewertung:

Eigenschaften und Funktion:

> Öffnung: 20 Zentimeter (8 Zoll)
> Brennweite: 800 Millimeter
> Öffnungsverhältnis: 1:4 (f/4)
> Spiegelmaterial BK-7-Glas
> Okularauszug: 2-Zoll-Helikalfokussierer
> Preis: € 965,– (ohne Zubehör)
> Herstellerlink: www.hofheiminstruments.com

Was uns gefiel:

> extrem kompakte Bauweise
> 8-Zoll-Öffnung und gute Optik erschließen viele Beobachtungsobjekte
> durchdachte Konstruktion mit funktionalen Detaillösungen
> gute Verarbeitungsqualität
> ruckfreies Nachführen
> kein Werkzeug oder spitze oder scharfe Teile im Handkoffer, daher als Flughandgepäck unbedenklich

Was uns nicht gefiel:

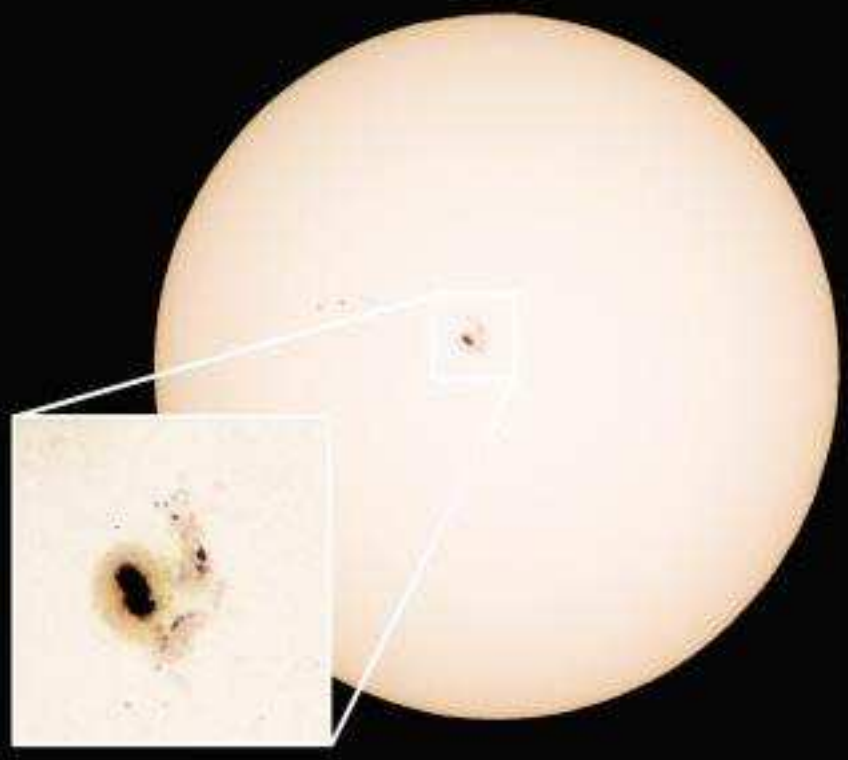
> notwendiges Zubehör nicht im Lieferumfang enthalten
> keine Klemmringe im Okularauszug, Klemmschraube drückt auf das Okular
> Sucherbasis muss mit Holzleim selbst angebracht werden

Sturmwarnung im Sonnensystem

Mitte Mai brodelte Helios ordentlich: Mehrere Sonnenflecken erschienen auf seiner Oberfläche. Die erhöhte Aktivität schickte einen starken Teilchensturm in Richtung Erde.

Im Weißlicht

Für diese Digitalfotos wurde ein Herschelkeil verwendet. Die Gesamtansicht der Sonne ist 1/3200 Sekunde, der Ausschnitt 1/125 Sekunde belichtet. >> **Siegfried Bergthal**



Stachelig und verquirlt

Auch vor ziemlich genau einem Jahr zeigte sich die Sonne aktiv. Den Fotografen veblüffte damals vor allem ein heller Punkt innerhalb des oberen Sonnenflecks. >> **Stefan Seip**

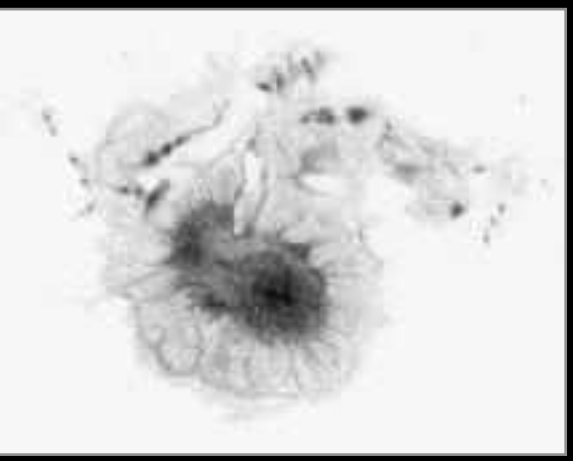
Flammen aus dem Feuerball

Glühend schießen die Gase von der Sonnenoberfläche hoch. Die H-Alpha-Aufnahme gelang dank einem Protuberanzenansatz (links). **>> Siegfried Bergthal**
Für die beiden kleinen Fotos wurden durch ein Coronado PST jeweils 200 Einzelbilder aufgenommen und anschließend mit Registax addiert. Für das Detailbild ganz rechts nahm der Fotograf eine 2,5-x-Televue-Powermate zu Hilfe. **>> Tom Fliege**

Marmoruniversum

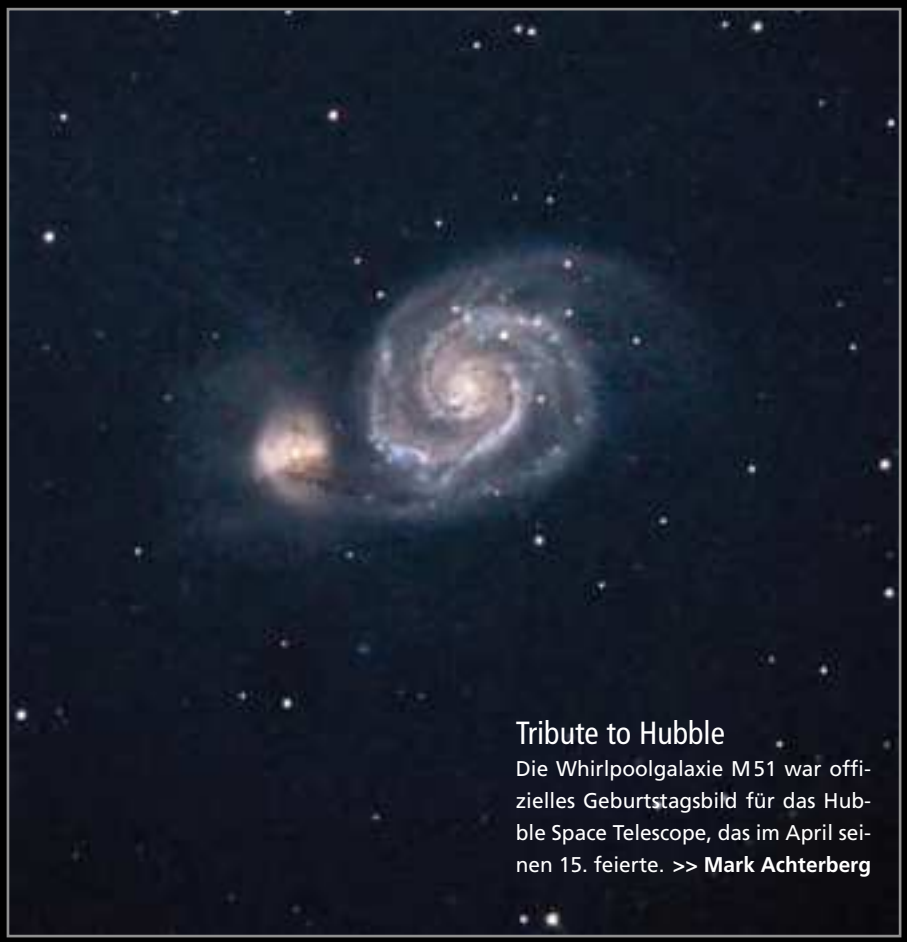
Der Skorpion (rechts im Bild) gehört zu den Tierarten, die überwiegend im Süden heimisch sind. In unserer Skyline (Fotos S. 52 und 53) erfahren Sie mehr über diese Region.

>> Stephan Glutz



Genau hingeschaut

Die volle Schönheit eines Sonnenflecks entdeckt wohl nur, wer ihn Detail für Detail selbst aufs Papier bannt. Die Zeichnung entstand an einem Achtzöller mit Baader-Sonnenfolie. **>> Lambert Spix**



Tribute to Hubble

Die Whirlpoolgalaxie M51 war offizielles Geburtstagsbild für das Hubble Space Telescope, das im April seinen 15. feierte. **>> Mark Achterberg**

Auge des Kosmos

Der Ringnebel M 57 ist ein beliebtes Sommer-Deep-Sky-Objekt (siehe Planetarium, S. 53). Dieses Porträt entstand mit einer Starlight MX 916.

>> Hannes Schmidt

Glasig und gewellt

Wie gemalt erscheint der Ringnebel links, der mit CCDOPS und Photoshop bearbeitet wurde.

>> Jens Mueller

Scharf und detailreich zeigen sich im LRGB-Bild feinere Strukturen der Hülle. **>> Siegfried Bergthal**

Sternschnuppen fangen

Der Sommer ist die Zeit der Meteore: Nach den vereinzelten Bootiden im Juni sorgen im August vor allem die Perseiden für ein wahres Feuerwerk am Nachthimmel. Das Beobachten macht jetzt, in den lauen Nächten, besonders viel Spaß. Wir schicken Sie auf Meteorjagd: Fotografieren Sie die Sternschnuppen und senden Sie uns die Aufnahmen! Diesem Thema werden wir die Rubrik Glanzlichter in einer der folgenden Ausgaben widmen.

Shooting Star

Erst dreizehn Jahre alt ist der Astrofotograf, der diesen Iridium-Blitz einfing. Die Redaktion findet: ein viel versprechendes Nachwuchstalent! **>> Florian Duning**

Machen Sie mit: Wir freuen uns über Ihre »Glanzlichter« – schicken Sie uns Ihre besten Astrofotos!
Aus allen Einsendungen wählen wir einige der schönsten aus und veröffentlichen sie im Heft. (Bitte senden Sie uns hoch aufgelöste und ungezippte JPEG-Bilder. Geben Sie bitte auch Details über Teleskop, Kamera oder Aufnahmetechnik an.)

Adresse: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH • Redaktion ASTRONOMIE HEUTE • Postfach 10 48 40
D-69038 Heidelberg • E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de

Deep-Sky-Objekte zeichnen

Wie Sie mit dem Bleistift festhalten, was Sie im Okular Ihres Fernrohrs sehen

>> Richard Jakiel

Viele Astrofotos, stammen sie nun vom Hubble-Weltraumteleskop, von Profis oder von Amateuren, sind atemberaubend schön. Allerdings bilden sie nur selten ab, was der Astronom tatsächlich sieht. Um dies darzustellen, ist Zeichnen mit Abstand die beste Methode. Viele der entstandenen Abbildungen sind nicht nur ansprechende Kunstwerke, sie vermitteln auch einen Eindruck von der Persönlichkeit des Beobachters – wie William Lassells Zeichnungen von Galaxien und Nebeln (1867), George Bonds Illustrationen von M42 und M31 (1876) oder Antonie Pannekoeks überwältigende Darstellungen der Milchstraße, die er mit bloßem Auge beobachtet hatte.

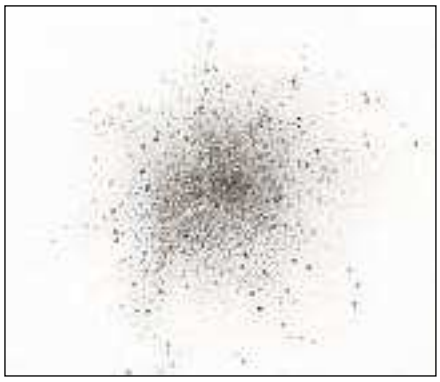
Sie könnten jetzt einwenden, Sie seien kein Lassell, kein Bond und auch kein Pannekoek. Nur nicht verzweifeln! Mit einigen guten Tipps und ein bisschen Übung bringt fast jeder ordentliche Skizzen am Teleskop zu Stande. Als Lohn winken Ihnen nicht nur schöne Bilder, Sie können außerdem lernen, mehr wahrzunehmen. Während Sie nämlich ein Himmelsobjekt zeichnerisch festhalten, sind Sie gezwungen, sich auf feinste Details zu konzentrieren und jede Einzelheit genau unter die Lupe zu nehmen. Mit der Zeit werden sich Ihre Entwürfe beträchtlich verbessern und überdies Ihre Beobachterfähigkeiten zunehmen.

Feldskizze bei Rotlicht

Deep-Sky-Objekte zu zeichnen ist ein Prozess, der sich in zwei Phasen gliedert. Zunächst fertigen Sie eine Skizze direkt am Teleskop (»Feldskizze«) mit Beschreibungen und Notizen an. Zu Hause arbeiten Sie dann die endgültige Zeichnung aus. Die einfachste und nützlichste Technik ist wohl die Negativ- oder Schwarz-auf-Weiß-Zeichnung, bei der Sterne als schwarze Punkte und Nebelgebiete als graue Bereiche wiedergegeben werden. Um eine solche anzufertigen, brauchen Sie Papier, eine Zeichenunterlage mit Klemmen, ein Rotlicht (vorzugsweise mit regulierbarer Helligkeit), Bleistifte und einen Radiergummi.

Das Papier sollte weiß, sauber, unliniert und von mittlerer Stärke sein – etwa wie Kopierpapier. Skizzenblocks mit Spiralbindung sind sowohl für Feldskizzen im Freien als auch für die Zeichenarbeit zu Hause hervorragend geeignet. Ein normaler Bleistift der Härte HB genügt für die Feldskizze, für die endgültige Zeichnung jedoch benötigen Sie Layout- oder Kohlestifte, um volle, dunkle Schwarztöne zu erreichen.

Ein wichtiges Zeichenutensil, das oft vergessen wird, ist ein hochwertiger Radiergummi. Mit etwas Übung können Sie ihn verwenden, um feine Details, etwa die Sprenkelung von Galaxien oder dunkle Teilungen in Nebeln, darzustellen. Die besten Erfahrungen habe ich mit weichen, formbaren Sorten gemacht, die man fast überall im Kunstfachhandel bekommt. Solche Radiergummis kosten etwa einen Euro pro Stück und lassen sich sehr gut modellieren. Um zarte Einzelheiten zu erzielen, forme ich den Gummi zu einer Spitze und reibe damit winzigste Mengen des Stiftauftrags ab. Harte Radiergummis >



LINKS: RICHARD JAKIEL / RECHTS: ROBERT GENDLER

Zeichnungen (links) können Details zeigen, die auf Fotos (rechts) nicht sichtbar sind, etwa die »Propellerstruktur« im Kugelhaufen M 13.

> sollten vermieden werden, denn sie können das Papier zerstören.

Um die Einzelheiten eines Deep-Sky-Objekts zu skizzieren, ist vor allem Beobachtungstechnik gefragt, außerdem die Fähigkeit, Formen exakt wiederzugeben. Aber wie steht es mit dem Zeichnen von nebelhaften, verschwommenen Strukturen? Dafür muss man sich mit der Kunst des Wischens vertraut machen.

Farben haben verschiedene Intensitäten und – für unsere Zwecke wichtiger – Grautöne verschiedene Schattierungen. Obgleich wir problemlos Tausende von Farbtönen zu unterscheiden vermögen, können die meisten von uns nicht mehr als fünfzig Graustufen auseinander halten. Manche Zeichner tun sich schon schwer damit, zehn verschiedene Grautöne darzustellen. Doch wenn Sie realistische Skizzen erstellen möchten, kommen Sie nicht umhin, den routinierten Umgang mit Graustufen zu erlernen.

Am besten erreichen Sie dies mit folgender Übung. Ziehen Sie mit einem Lineal zwei parallele Linien von etwa zehn Zentimeter Länge im Abstand von ungefähr anderthalb Zentimetern. Verbinden Sie die Linien an den Enden und unterteilen Sie sie mit Hilfe kleiner Markierungen in zehn gleich große Segmente. Zeichnen Sie nun eine Grauwertskala, beginnend mit reinem Weiß und endend in Tiefschwarz, wobei Sie zehn möglichst gleichmäßige Abstufungen anstreben sollten. Diese Aufgabe ist viel schwerer, als sie klingt, aber mit Übung können Sie sie bewältigen. Sobald Sie in der Lage sind, befriedigende Grauskalen anzufertigen, können Sie es mit Wischen versuchen – was zum Glück viel leichter ist. Sie können hierfür entweder Ihre Fingerspitze oder einen speziellen Wischer benutzen – einen mit einer Stoffspitze versehenen Stift, den man in Kunstfachgeschäften bekommt. Die Ergebnisse sind ähnlich, aber nicht identisch: Mit der Fingerspitze erzielt man gröbere, strukturiertere Resultate als mit dem Wischer. Letzterer ist bei feinen Details überlegen.

Wischen will gelernt sein

Gutes Wischen ist ein fortschreitender Prozess, ähnlich der Langzeitbelichtung einer Fotografie: Es empfiehlt sich, das Bild langsam aufzubauen. Halten Sie den Stift in einem flachen Winkel zum Papier und streichen Sie mit zarten, kreisförmigen Bewegungen, um harte Striche zu vermeiden, die man kaum verwischen oder ausradieren kann. Bringen Sie das Gezeichnete mit dem Finger oder Wischer in die richtige Form und Stärke. Fügen Sie mit dem Bleistift eine weitere Lage hinzu und wischen Sie erneut. Sie können auch mit einer Kombination aus Wischen und Radieren experimentieren. Mit Hilfe eines Radierers lassen sich Dunkelzonen und sogar diffuse Sprenkelungen einfach darstellen.

Das Sprichwort »Übung macht den Meister« trifft auch beim Deep-Sky-Zeichnen zu. Allerdings gibt es ein Problem: Sie haben am Teleskop vermutlich nicht genügend Zeit, um Ihre Fertigkeiten wirklich gut zu entwickeln. Da können einige Übungen bei Tageslicht helfen. Die erste wäre, Nebel von Abbildungen in Büchern und Magazinen abzuzeichnen. Eine zweite Möglichkeit besteht darin, etwas Einfaches abzumalen, zum Beispiel ein Ei, wobei Sie den Variationen in der Oberflächenstruktur besondere Aufmerksamkeit schenken. Diese Übung mag simpel erscheinen und hat auf den ersten Blick nicht viel mit den eigentlichen Zielobjekten zu tun, doch Eier zeigen eine überraschende Vielfalt an Sprenkeln und anderen feinen Oberflächendetails – nicht unähnlich einem nebelhaften Deep-Sky-Objekt.

Feldzeichnungen erfordern meist keine ausgefeilten Zeichentechniken, dafür aber ein Auge für feinste Details, eine genaue Platzierung einzelner Strukturen sowie gute Notizen. Wählen Sie ein Zielobjekt, das Ihren Fähigkeiten angemessen ist. Neulinge nehmen sich für ihre ersten Skizzen oft etwas Komplexes und Schwieriges wie den Orionnebel vor, was gewöhnlich in Frust endet. Heben Sie sich die himmlischen Paradeobjekte für später auf, wenn Sie Ihr Können entwickelt haben.

Beginnen Sie damit, einen Bereich auf dem Zeichenblatt abzugrenzen. Viele Beobachter benutzen dafür einen Kreis von mehreren Zentimetern Durchmesser, der

RICHARD JAKIEL

Mit der Zeichenunterlage in der Hand können Sie zu Papier bringen, was Sie im Okular sehen.

das Gesichtsfeld des Okulars darstellen soll. Doch einige Deep-Sky-Objekte erstrecken sich über mehrere Gesichtsfelder, während andere so klein sind, dass sie sich in einem großen Kreis verlieren. Man muss hier flexibel sein und einen Bereich auf dem Zeichenpapier wählen, der das jeweilige Objekt möglichst ideal begrenzt. Der Rest des Blatts kann für Notizen und andere Informationen verwendet werden – etwa die Bezeichnung des Objekts, das Beobachtungsdatum oder die Vergrößerung.

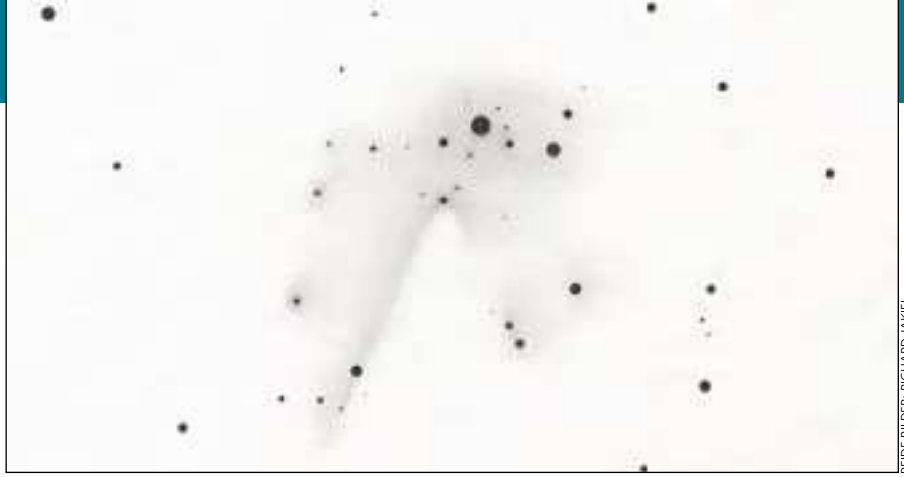
Leuchtstarke Bezugspunkte

Eine Feldzeichnung wird in mehreren Schritten erstellt. Sehen wir uns den Ablauf für ein einfaches Objekt einmal näher an – beispielsweise für eine helle Galaxie. Noch bevor Sie loslegen, sollten Sie das Objekt eingehend betrachten. Merken Sie sich die Größe, die Form, die Variationen der Oberflächenhelligkeit und die Position von Einzelheiten relativ zu Vordergrundsternen.

Nachdem Sie sich einen genauen Überblick über die Szenerie verschafft haben, zeichnen Sie die hellsten Vordergrundsterne. Diese dienen als Bezugspunkte für die weitere Arbeit. Skizzieren Sie dann mit zarten Linien den Umriss der Galaxie; achten Sie auf Details wie Staubstreifen, fleckige Strukturen und die Helligkeitsverteilung rund um den Kern. Versuchen Sie sich nicht von Ihren Erwartungen beeinflussen zu lassen – zeichnen Sie nur das, was Sie tatsächlich sehen.

Tragen Sie als Nächstes eine sehr dünne Schicht Graphit auf; arbeiten Sie sich dabei vom Kern langsam in Richtung des äußeren Halos vor. Nun können Sie mit dem Wischen beginnen und das Bild aufbauen, bis die gewünschte Dichte erreicht ist. Nutzen Sie schließlich den Radiergummi, um Staubzonen und fleckige Oberflächenstrukturen herauszuarbeiten und die schwächeren Vordergrundsterne hinzuzufügen.

Einfache Galaxien lassen sich mit relativ geringem Aufwand abzeichnen, die meisten anderen Himmelsobjekte bereiten jedoch ziemlich viel Mühe. Ist ein Objekt besonders kompliziert, sollten Sie der Skizze zusätzliche Notizen oder Beschriftungen hinzufügen. Wenn die Anzahl der Vordergrundsterne sehr groß ist, sollten Sie sich nicht damit abmühen, jeden einzelnen abzuzeichnen. Bringen Sie zunächst die hellsten zu Papier und fügen Sie anschließend nur so viele hinzu, wie nötig sind, um das Wesentliche des Gesamteindrucks einzufangen.



BEIDE BILDER: RICHARD JAKIEL

Nützliche Computertricks Das obere Bild zeigt eine Astrozeichnung vom Konusnebel NGC 2264. Wenn man sie einscannt und mit Bildbearbeitungssoftware invertiert, lassen sich beeindruckende Ergebnisse erzielen (unten).

Wie so oft in der Amateurastronomie sind Computer auch beim Astrozeichnen von großem Nutzen. Sternkarten-Software wie »MegaStar« oder »TheSky« kann als Arbeit sparendes Hilfsmittel eingesetzt werden. Erstellen Sie einfach eine Sternkarte der jeweiligen Region bis zur ungefähren Grenzgröße Ihres Fernrohrs, ohne natürlich das Objekt selbst darzustellen. Machen Sie einen Ausdruck und zeichnen Sie anschließend direkt in die Karte. Die Sterne sind dann exakt wiedergegeben und Sie können sich ganz auf das eigentliche Zielobjekt konzentrieren.

Nach einer langen Zeichennacht würden Sie sich wahrscheinlich gern ausruhen. Doch erfahrungsgemäß ist es besser, sich gleich an die Reinzeichnung zu machen – solange nämlich die Erinnerung an die Beobachtung noch frisch ist. Zu Hause kann man die Einzelheiten, die in der Feldskizze festgehalten wurden, viel sauberer und ausgefeilter ausarbeiten. Übertragen Sie alle Details so sorgfältig wie möglich in Ihre Reinzeichnung. Wenn Sie Ihrem Werk den letzten Schliff verpasst haben und mit dem Ergebnis zufrieden sind, schützen Sie die Zeichnung mit Hilfe eines klaren Fixiersprays auf Acrylbasis. Sollten Sie weiße Sterne auf dunklem Hintergrund bevorzugen, empfiehlt es sich, die Zeichnung mit einem Flachbettscanner zu digitalisieren und anschließend mit einer Bildbearbeitungssoftware zu invertieren. Dabei können Sie auch Unregelmäßigkeiten in der Papierstruktur retuschieren.

Jede Zeichnung erzählt die Geschichte einer Beobachtungsnacht am Teleskop. Indem Sie zeichnen, stellen Sie nach und nach eine Art Tagebuch zusammen, das Ihnen viele Jahre lang Freude bereiten wird. Astrofotos können zweifelsohne beeindruckend sein, aber nur Ihre Skizzen und Grafiken geben wirklich das wieder, was Sie mit eigenen Augen gesehen haben. <<

Richard Jakiel ist ein erfahrener Astrozeichner. Er beobachtet den Sternhimmel von Georgia aus.

Sommer-News

Diesmal bieten die Neuheiten vom Riesenfernglas bis zum Spitzenteleskop und Filterschieber die richtige Ausrüstung für heiße Nächte.

Celestron CPC-8

>> Mit dem APM 100 bringt »APM Telescopes« ein Hundert-Millimeter-Binokular auf den Markt. Dieses Hochleistungsfernglas ist mit Wechselokularen, multivergütetem Achromat und 45-Grad-Einblick ausgestattet. Im vorderen Deckel wurden verschiebbare Taukappen aus Aluminium integriert.

Das Binokular kann an einem abnehmbaren, mit zwei Handschrauben befestigten Tragegriff sicher getragen werden. Alternativ steht ein Fotostativadapter mit $^3/_8$-Zoll-Gewindeanschluss zur Verfügung, sodass Sie damit bequem und wackelfrei beobachten können. Inklusive eines Alukoffers mit Schloss und Formeinlagen und zwei Okularsets, einem mit zwanzigfacher Vergrößerung (brillenträgergeeignet) sowie einem mit vierzigfacher Vergrößerung (wahlweise für Brillenträger oder auch nicht) kostet das Binokular € 1195,–.
www.apm-telescopes.de

>> Auch die Telegizmos kommen von APM. Aber was sind eigentlich Telegizmos? Schutzhüllen für Ihr Teleskop aus Mylarfolie! Diese Folie wurde von der Nasa als Dämmstoff für Spaceshuttles entwickelt und ist somit nicht nur extrem reißfest, sondern verhindert sehr effektiv das Aufheizen des abgedeckten Teleskops und die Kondensation.

Der feste Gummizug der Folie schützt auch bei starkem Wind gegen Wegfliegen. Das Mylar ist hochreflektierend und behält seine Eigenschaften auch unter extrem heißen oder kalten Temperaturen. Selbstverständlich ist es wasserdicht und abwaschbar. Je nach Größe kosten die Telegizmos zwischen € 49,– und € 109,–.
www.apm-telescopes.de

ALLE BILDER: HERSTELLERFOTOS

Bosma Maksutow

D8W

>> Das Bosma Maksutow-Cassegrain, das der Teleskop-Service Ransburg anbietet, ist ein Gerät mit sehr guten optischen Eigenschaften zu einem günstigen Preis. Die Geräte werden mit 150- und 200-Millimeter Durchmesser hergestellt und sind mit ihrem Öffnungsverhältnis von f/12 sehr gut für Mond- und Planetenbeobachtung geeignet. Doch sind bei diesen Öffnungsverhältnissen auch Deep-Sky-Beoachtungen kein Problem. Mit ihrer feinfühligen Hauptspiegelfokussierung und ihrem guten Preis-Leistungs-Verhältnis erfreuen die Maksutows immer mehr Sternfreunde. Das Sechs-Zoll-Teleskop liegt bei unter € 600,– und der Achtzöller bei weniger als € 1300,–. Im Lieferumfang sind auch ein großer 8×50-Geradsichtsucher, zwei Plössl-Okulare und ein 1¼-Zoll-Umlenkspiegel enthalten.
www.teleskop-service.de

>> Das CPC 8 markiert den Anfang einer neuen Teleskopgeneration von Celestron. Das komplett neu designte Gerät besticht durch seine hochwertige Optik. Die Schmidtplatte in XLT-Ausführung aus Borkronglas hat nur noch 0,3 Prozent Restreflexion pro Glas-

Luft-Grenzfläche. Beide Spiegel sind mehrfach beschichtet und damit hat das Gerät die höchste Lichttransmission aller heute erhältlichen Schmidt-Cassegrain-Optiken auf dem Markt. Die stabile Basis, die mächtigen Gabelarme sowie das superstabile und trotzdem leichte Stativ sorgen auch bei schwerem Zubehör für die richtige Stabilität.

Durch ein neues Ausrichtungsverfahren wird das Auffinden von Objekten kinderleicht. Sie fahren lediglich drei beliebige Sterne an und drücken »Enter«. Dann errechnet der eingebaute Computer den Sternhimmel. Ihre Beobachtungsposition und die genaue Uhrzeit erhält das Teleskop via GPS. Und schon sind 40 000 Objekte per Knopfdruck erreichbar.

Als kleines Schmankerl bietet das CPC 8 erstmals ein deutsches Menü im Handcontroller. In der Grundversion kostet das CPC 8 € 2845,–
www.celestron-nexstar.de

>> Das D8W von Intercon-Spacetec ist ein Widefield-Dobson. Mit nur 800 Millimeter Brennweite bei 200 Millimeter Öffnung ist das D8W hervorragend für die Beobachtung großflächiger Deep-Sky-Objekte geeignet. Das kompakte f/4-Gerät ist besonders als Reiseteleskop und Widefield-Zweitgerät interessant, stellt aber hohe Anforderungen an Material und Justierung. Serienmäßig ist ein spielfreier Zwei-Zoll-Crayford-Okularauszug und ein seitenrichtiger 8 × 50-Sucher mit 90-Grad-Einblick enthalten. Mit Hauptspiegel aus BK7 kostet das D8W € 499,–. Ist dieser aus Pyrex, kostet das Gerät € 599,–.
www.intercon-spacetec.de

>> Spheretec hat einen Filterschieber für Dobson-Teleskope neu im Angebot. Damit wird der Filterwechsel bei nahezu allen offenen Newton-Teleskopen zum Kinderspiel. Der Schieber ist aus schwarz eloxiertem Aluminium. Bis zu vier Zwei-Zoll-Filter können direkt in die Schieberplatte eingeschraubt werden, Adapter für 1¼-Zoll-Filter sind als Sonderzubehör für € 19,– erhältlich.

Montiert wird der Filterschieber in den Strahlengang unterhalb des Okularauszugs. Im Idealfall wird er an den Befestigungsschrauben des Auszugs befestigt. Durch seine geringe Bauhöhe ist eine Vignettierung nicht wahrnehmbar. Der Schieber kostet € 139,–.
www.spheretec.de

APM 100 Binokular

ANZEIGE

NIGHT SKY, CASEY B. REED

Die schicksalhafte Himmelsparade

Wenn mehrere Planeten eng nebeneinander am Himmel stehen, ergibt sich bestenfalls ein schönes Bild – mehr nicht.

>> Phil Plait

Erinnern Sie sich noch an den 5. Mai 2000? Ich schon: Es war der Tag, an dem der Weltuntergang nicht stattfand.

Natürlich könnte man das von jedem Tag sagen. Die Welt ging gestern nicht unter und vorgestern auch nicht; es gibt sie heute noch und morgen wohl ebenso. Doch der 5.5. 2000 war ein besonderes Datum, denn für diesen Zeitpunkt hatten einige selbst ernannte Propheten die Apokalypse vorhergesagt.

Bücher, Zeitungen, Magazine, Internetseiten und TV-Sendungen beschäftigten sich damals mit dieser fixen Idee. Man glaubte, dass der Weltuntergang durch die Position der Planeten, des Monds und der Sonne ausgelöst würde. Denn diese standen damals in einer Reihe. Die vereinte Schwerkraft der Himmelskörper, so dachten die Schicksalsverkünder, würde die Erde in Stücke reißen oder zumindest Erdbeben und Flutwellen auslösen. Der Himmel würde auf uns herabstürzen, es gäbe Steuererhöhungen, die Milch im Kaffee würde sauer … Sie verstehen schon.

Wie die meisten skurrilen Geschichten enthielt auch diese ein Körnchen Wahrheit. Sonne, Mond und Planeten standen tatsächlich in einer Reihe, wenigstens fast. Doch wären die damaligen Weltuntergangsszenarien wirklich plausibel gewesen, könnten Sie, liebe Leser, davon heute nichts mehr lesen. Um herauszufinden, was tatsächlich passiert ist, müssen wir derartige Konstellationen einmal genauer betrachten.

Wie die Uhrzeiger

Alle Planeten umkreisen die Sonne in annähernd kreisförmigen Bahnen. Man kann sich unser Sonnensystem wie eine Uhr mit neun Zeigern vorstellen – für jeden Planeten einen –, die sich alle mit unterschiedlicher Geschwindigkeit drehen. So wie die Zeiger einer echten Uhr einmal pro Stunde in dieselbe Richtung weisen, stehen auch die Planeten logischerweise von Zeit zu Zeit in einer Reihe. Dieser Vorgang heißt Konjunktion. Tatsächlich sieht man häufig, dass zwei Planeten am Himmel eng zusammenstehen, drei in einer Reihe sind schon etwas seltener und so weiter.

Das Ereignis im Mai 2000 war ein besonderes, weil Sonne, Mond und alle fünf Planeten, die man ohne Hilfsmittel sehen kann, innerhalb eines Winkels von 26 Grad zueinander standen. Sie waren in einem Himmelsareal zusammengeballt, das aus der Sicht eines irdischen Beobachters etwa von einer ausgestreckten und gespreizten Hand abgedeckt wird. 26 Grad sind ein relativ großer Winkel, doch dass sich gleich fünf Planeten darin vereinen, kommt selten vor.

Aus diesem Grund sorgte das himmlische Treffen für ziemlich viel Wirbel. Manche Leute bezeichneten es sogar als die große Himmelsparade oder die große Konjunktion. Ehrlich gesagt fand ich diese Namen etwas übertrieben, wenn man bedenkt, wie weit die Planeten tatsächlich auseinander standen.

Prophezeiungen von einem nahen Weltuntergang hatten dennoch Hochkonjunktur. Schließlich sind Jupiter und Saturn die beiden größten Planeten unseres Sonnensystems und verfügen auch über die stärkste Anziehungskraft. Wenn man diese beiden Himmelskörper ungefähr in eine Reihe mit anderen Planeten stellt und Sonne und Mond hinzufügt, muss es zu einer Katastrophe kommen, klarer Fall. Selbstverständlich wird uns die geballte Anziehungskraft zerreißen

und wir sollten uns vorsorglich schon einmal von Mutter Erde verabschieden!

Alles Unsinn. Wir haben nicht nur überlebt, sondern die meisten Menschen haben nicht einmal bemerkt, dass irgendetwas passiert ist. Was also ist da schief gelaufen – oder vielleicht sollte ich fragen: Was lief hier richtig?

Riesige Abstände

Das Problem bestand darin, dass die meisten Weltuntergangspropheten die Situation nicht annähernd einzuschätzen vermochten. Sie kennen nämlich die Gravitationsgesetze nicht. Die Anziehungskraft, die ein Objekt auf Grund seiner Gravitation ausübt, hängt von zwei Faktoren ab: Von seiner Masse und von der Entfernung, in der man sich zum (Schwerpunkt des) Objekt(s) befindet.

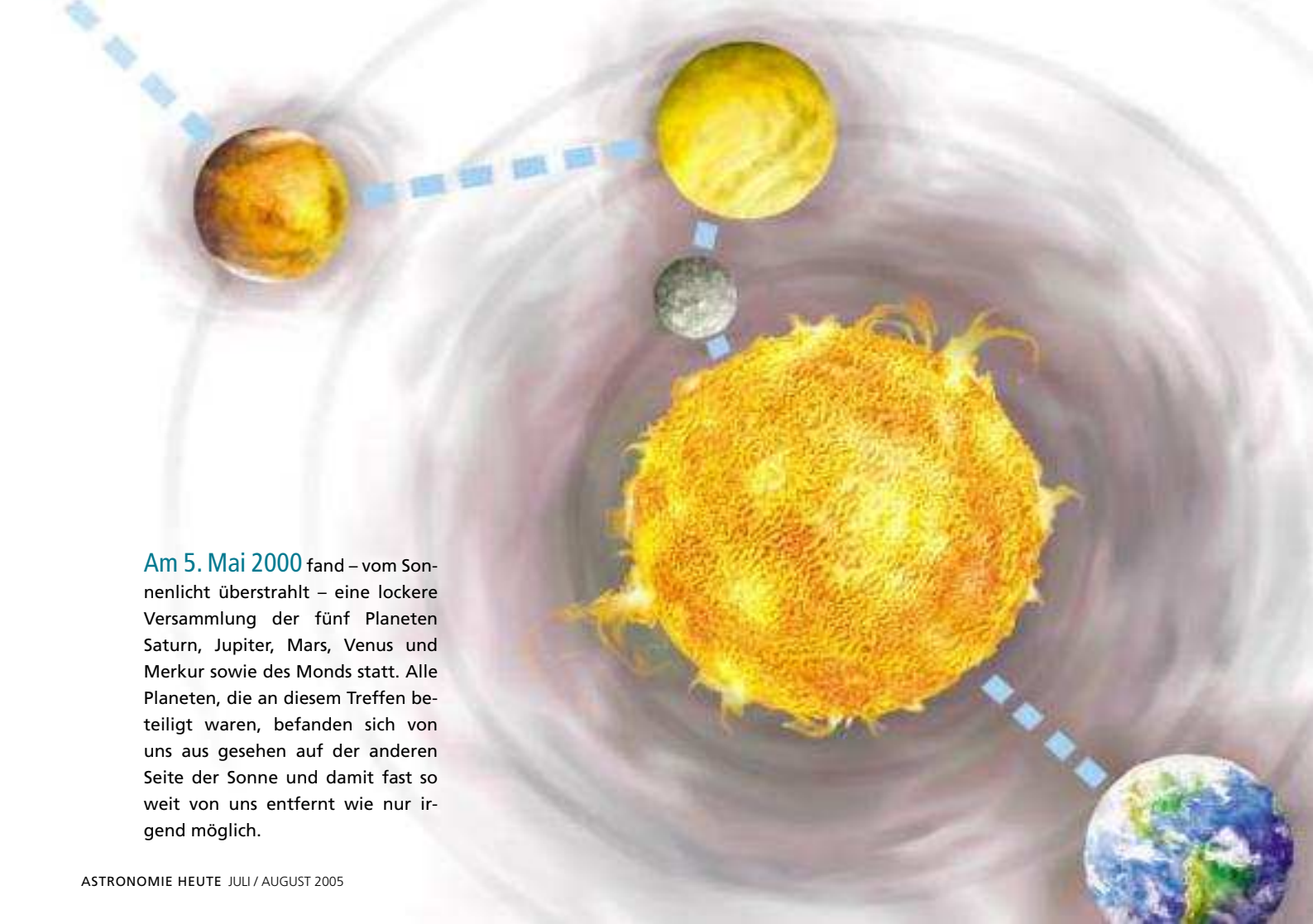
Von diesen beiden Faktoren ist die Entfernung zum Objekt der wichtigere. Das liegt daran, dass die Gravitationswirkung mit zunehmdem Abstand exponentiell abnimmt, genauer: Sie ist umgekehrt proportional zum Quadrat der Entfernung. Verdoppelt man die Distanz zu einem Objekt, dann sinkt dessen Anziehungskraft auf ein Viertel ihres ursprünglichen Werts. Verdreifacht man sie, sinkt die Anziehung auf ein Neuntel ihres Ausgangsbetrags.

Zwar verfügt Jupiter über die 300fache Masse der Erde, doch befindet er sich, wenn er uns am nächsten steht, stattliche 650 Millionen Kilometer entfernt. Seine Anziehungskraft auf uns beträgt gerade mal ein Hundertstel der Gravitationswirkung, die der Mond auf uns ausübt. Selbst wenn man die Anziehungskräfte aller Planeten auf die Erde addiert, kommt man nur auf ein Fünzigstel der Schwerkraftwirkung des Erdtrabanten.

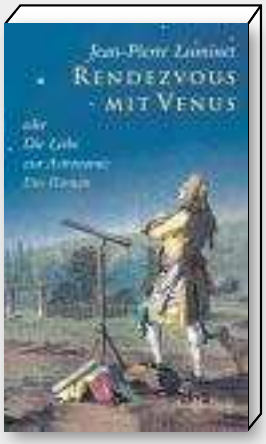
Im Mai 1941 gab es übrigens eine ähnliche Himmelsparade wie 2000 und diese verursachte sogar eine stärkere Anziehungskraft auf uns als jene vor fünf Jahren. Welche Überraschung – unser Planet überlebte auch dieses Ereignis. Und wenn man in geologischen Zeiträumen denkt, erkennt man: Wären die Argumente der Weltuntergangspropheten tatsächlich schlüssig, hätte die Erde bereits vor Jahrmillionen auseinander brechen müssen, zum Beispiel als uns der Mond noch etwas näher stand. Schade nur, dass wir das himmlische Zusammentreffen im Mai 2000 nicht am Himmel beobachten konnten, denn es erfolgte leider am helllichten Tag, als die Sonne hoch am Himmel stand.

Konjunktionen und planetarische Treffen kommen und gehen, doch die Weltuntergangspropheten bleiben. Trotz aller wissenschaftlichen Erkenntnisse werden uns die Angsthasen, Panikmacher und Hysteriker wohl in alle Ewigkeit begleiten. Wenn Sie das nächste Mal hören, dass sich jemand Sorgen über eine bevorstehende Apokalypse macht, erteilen Sie ihm erst einmal etwas Nachhilfe in Physik. Vielleicht ersparen Sie ihm dadurch eine große Konjunktivitis. <<

Der Astronom **Phil Plait** betreibt die Webseite www.badastronomy.com, auf der er versucht, allen Arten von Pseudowissenschaftlern und Untergangspropheten entgegenzuwirken.



Am 5. Mai 2000 fand – vom Sonnenlicht überstrahlt – eine lockere Versammlung der fünf Planeten Saturn, Jupiter, Mars, Venus und Merkur sowie des Monds statt. Alle Planeten, die an diesem Treffen beteiligt waren, befanden sich von uns aus gesehen auf der anderen Seite der Sonne und damit fast so weit von uns entfernt wie nur irgend möglich.



Jean-Pierre Luminet

Rendezvous mit Venus
oder Die Liebe zur Astronomie

Verlag C.H. Beck, München 2005
380 Seiten
gebunden mit Schutzumschlag,
ISBN 3-406-52895-3
22,90 €

Unterwegs in Sachen Venus

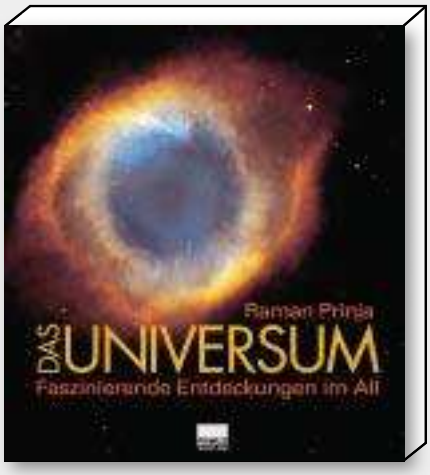
Jérôme-Joseph Lalande, der fiktive Autobiograf von »Rendezvous mit Venus«, erzählt von einem großartigen Projekt: Mit Hilfe des Venustransits, der für den 6. Juni 1761 vorausberechnet ist, wollen die Astronomen der Pariser Akademie der Wissenschaften die Sonnenparallaxe bestimmen und daraus den Abstand zum Zentralgestirn errechnen. Dazu brechen unter Lalandes Leitung Astronomen in alle Himmelsrichtungen auf, um den Vorbeiflug von Göttin Venus am heißen Helios mit Teleskopen und hochwertigem astronomischem Gerät zu verfolgen.

Der Roman beschreibt die anstrengenden Reisen der Forscher, die mit den ersten Weltumseglern in exotische Kolonien ziehen, die Schwierigkeiten, die ihnen der Krieg zwischen den Großmächten Frankreich, England und Spanien bereitet, aber auch ihre eigenen Konkurrenzkämpfe um die Gunst einer irdischen Venus.

Obwohl in Romanform geschrieben, ist »Rendezvous mit Venus« keine reine Erzählung, sondern auch eine Geschichte der Astronomie vor der Französischen Revolution. Der Erzähler Lalande entspricht dem französischen Mathematiker und Astronomen Joseph-Jérôme Lefrançais de Lalande (1732–1807), der sich mit seinen Methoden zur Bahnbestimmung von Kometen einen Namen machte. Auch der tatsächliche Autor ist vom Fach: Jean-Pierre Luminet arbeitet in Frankreich als Astrophysiker und Forschungsdirektor des CNRS (Centre Nationale de la Recherche Scientifique) in Meudon bei Paris.

Insgesamt liest sich das Buch leicht und amüsant und ist packend erzählt. Das etwas kitschige Äußere täuscht, abgesehen vom ersten Absatz driftet der Roman nur selten ins Poetische ab. Am Ende wird sich der Leser allerdings kaum wünschen, Astronom zur Zeit der Aufklärung gewesen zu sein. Er wird die Abenteuerlust, den Pioniergeist und den Wissensdrang der Gelehrten miterlebt haben, aber auch ihre Enttäuschungen. Und den nächsten Venusdurchgang im Juni 2012 mit ganz anderen Augen verfolgen.

>> Carolin Konermann



Raman Prinja

Das Universum
Faszinierende Entdeckungen im All

Primus Verlag
Darmstadt 2005, 192 Seiten
mit zahlreichen Abbildungen
ISBN 3-89678-260-6
29,90 €

Entdeckungsreise ins All

Das Universum ist 13,7 Milliarden Jahre alt. Viel Zeit um unterschiedlichste Strukturen und Objekte hervorzubringen. Mit immer größeren Teleskopen und immer ausgefeilterer Technik versuchen Astronomen die Geheimnisse des Kosmos zu lüften.

Raman Prinja lehrt am University College London und stellt in diesem Buch einige der faszinierendsten astronomischen Entdeckungen der letzten Jahrzehnte vor.

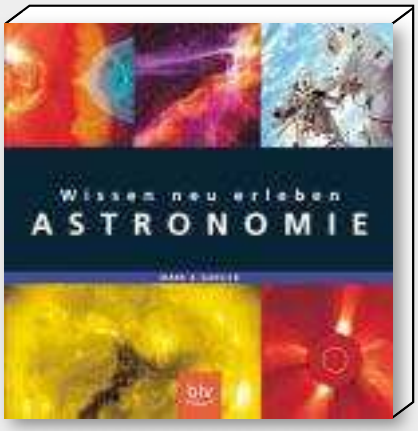
Fünf aktuelle Themen hat er ausgesucht: Sie reichen von der Suche nach Wasser im Sonnensystem und der Milchstraße, über die Entstehung von Sternen und Galaxien, gewaltigen und energiereichen Prozessen im All bis zu den großen Rätseln der Astronomie – der Dunklen Materie und Dunklen Energie.

Das letzte Kapitel befasst sich nicht mit astronomischen Objekten, sondern mit zukünftigen Riesenteleskopen auf der Erde und im All sowie dem Flug zu den Sternen.

Besonders gelungen und sehenswert sind die großformatigen Abbildungen. Andererseits haben sich bei der Übersetzung einige Schwächen oder Fehler eingeschlichen. Warum werden beispielsweise nur die lateinischen Sternbildnamen in einem für Laien geschriebenem Buch verwendet? Sonnenflecken sind nicht 3000 Grad, sondern nur 1500 Grad kälter als ihre Umgebung.

Der Untertitel gibt den Inhalt des Buchs sehr treffend wieder. Es ist keine umfassende Einführung in die Astronomie, gibt aber dem interessierten Leser einen stichprobenhaften Einblick in die verschiedenen Schauplätze eines immer noch jungen und dynamischen Universums.

>> Hans Zekl



Mark A. Garlick

Wissen neu erleben
Astronomie

BLV Verlagsgesellschaft,
München / Wien / Zürich 2004
304 Seiten
ISBN 3-405-16814-7
24,90 €

Astronomie, die süchtig macht

Als ich zehn war, erhielt ich zur Erstkommunion ein einbändiges Kinderlexikon. Es hieß »Die ganze Welt in einem Buch« und damals erschien es mir wirklich so, als sei der gesamte Globus, all sein versammeltes Wissen, zwischen diese Seiten gepresst. Jahrelang saß ich immer wieder staunend vor den vielen Abbildungen mit den dazugehörigen kleinen Artikeln und fuhr mit den Fingern über die Seiten.

Ein ähnliches Potenzial besitzt »Wissen neu erleben – Astronomie«. Zwar handelt es sich dabei nicht um ein Lexikon, und es beschreibt auch »nur« die Welt der Astronomie, doch auch dieser Bildband macht süchtig. Der Verfasser Mark Garlick zählt zu den bekanntesten Astrografikern.

Und so liegt auch ein wesentlicher Schwerpunkt des Buchs auf Bildern und Fotos: Schwarze Löcher, die als lila Scheiben die Energie eines Sterns in sich aufsaugen, Mondlandschaften mit staubigen Kratern, der tiefblaue Neptun mit seinen kleinen hellblauen Strichen in der Mitte, unsere Sonne als Roter Riese, wie sie uns in ferner Zukunft mitsamt der inneren Planeten verschlingen wird – all diese Motive, welche die Welt der Astronomie so faszinierend machen, zeigt dieser Band.

Was sich auf Fotos nicht darstellen lässt, veranschaulicht der Autor mit Info-Grafiken, etwa die einzelnen Mondphasen und ihre Auswirkungen auf Ebbe und Flut oder Koordinaten wie Deklination und Rektaszension. Kurze, prägnante Textabschnitte erläutern die Darstellungen und erklären für den Laien verständlich die Wunder des Universums. Interessant für Einsteiger: Neben Informationen enthalten die einzelnen Artikel auch praktische Hinweise zum Kauf des richtigen Teleskops und verschiedener Montierungen, Filter sowie Okulare oder Hinweise zu den Sternbildern.

Als kleines Schmankerl für Neugierige dient das Kapitel »Daten, Fakten und Rekorde«, in dem der Astronomiejunkie mit glänzenden Augen nachlesen kann, dass die massereichste Galaxie mit mindestens 800 Milliarden Sonnenmassen die Riesengalaxie M 87 im Sternbild Jungfrau ist oder dass das Grabensystem Valles Marineris auf dem Mars mit einer Tiefe von acht Kilometern als größte Schlucht in unserem Sonnensystem gilt. Besonders wichtig für Anfänger: ein Glossar mit den wichtigsten Begriffen.

Zwei kleine Wermutstropfen trüben das ansonsten gute Bild. Neben der manchmal nicht ganz optimalen Übersetzung aus dem Englischen gibt es in diesem Buch leider keine Aufnahmen der Mission Cassini / Huygens, die zu Anfang dieses Jahres das jahrzehntealte Geheimnis der dichten Titanatmosphäre lüftete. Fazit: Keine Lektüre für Deutschlehrer, aber für Jugendliche und Erwachsene, die Lust an der Astronomie und ihrer umwerfenden Schönheit haben.

>> Stephanie Hügler

Alle rezensierten Bücher können Sie bei wissenschaft-online.de bestellen

Internet: www.science-shop.de
per E-Mail: shop@wissenschaft-online.de
telefonisch: 06221 9126-841
per Fax: 06221 9126-869

ANZEIGE

Im Karussell der Planeten

Planet's Orbits ist ein einfaches Werkzeug, um die Bewegungen im Sonnensystem nachzuvollziehen. **>> Jeff Foust**

Das Frühjahr 2004 brachte die Erforschung des Sonnensystems um einige überraschende Schritte vorwärts. Eine Schlagzeile jagte die andere, als den Astronomen im Februar und März gleich mehrere Aufsehen erregende Asteroiden ins Netz gingen. Der erste von ihnen war der Kleinplanet 2004 DW, das bislang wahrscheinlich größte Objekt im Kuiper-Gürtel. Sedna, ein weiter entfernter und möglicherweise noch größerer Brocken, folgte; mit ihr entdeckten die Astronomen womöglich den ersten Vertreter der Oortschen Wolke. Und am 18. März zog der kleine Asteroid 2004 FH in gerade einmal 42500 Kilometer Entfernung an der Erde vorbei.

Die Nachrichten lieferten zwar reichlich Informationen über diese neuen Bewohner im Sonnensystem, aber oft ist es nicht leicht, sich ihre markanten Eigenschaften bildlich vorzustellen. Für einen Überblick leisten Modelle gute Dienste. Genau das liefert die deutsche Firma Alcyone Software mit Planet's Orbits: ein einfaches, aber wirkungsvolles Programm zur Darstellung des Sonnensystems.

Wie der Name vermuten lässt, erscheint nach dem Start von Planet's Orbits als Erstes eine einfache Anzeige der Bahnen von Planeten und anderen Körpern im Sonnensystem, inklusive Asteroiden, Kometen und sogar Raumschiffen. Das Programm vermeidet die übliche Menüdarstellung und ordnet stattdessen alle Bedienelemente rechts im Fenster an. Das kann anfangs verwirrend sein – besonders, wenn Sie entdecken, dass der Knopf mit dem Fragezeichen nur eine Dialogbox »Über dieses Programm« öffnet und nicht eine Hilfe anbietet. Aber Sie werden sich schnell daran gewöhnen.

Datenimport: möglich, aber mühsam

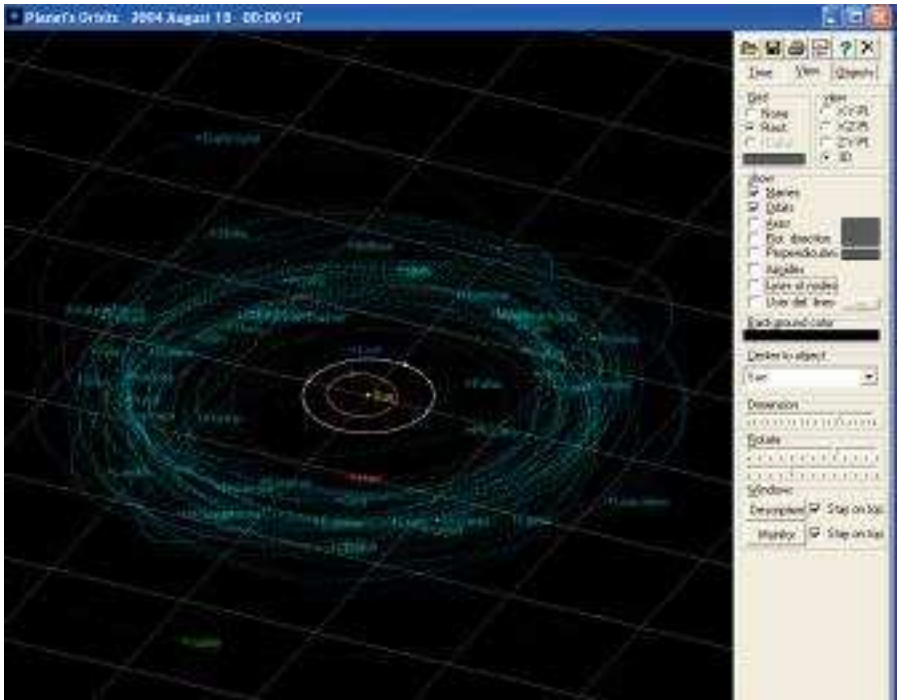
Trotz des beschränkten Einsatzbereichs von Planet's Orbits ist es auf seinem Spezialgebiet vollständig ausgestattet. Der Benutzer kann das Sonnensystem in drei Ebenen (x-y, x-z und y-z) oder unter einem schrägen Winkel anschauen. Es gibt Optionen zur Anzeige eines Gitters, zum Ein- und Auszoomen sowie zum Ändern der dreidimensionalen Perspektive. Auch bestimmte Punkte und Eigenschaften der Orbits können Sie darstellen lassen, einschließlich dem sonnennächsten und -fernsten Bahnpunkt, den Knotenlinien und der Rotationsrichtung der Planeten. Das Herauszoomen ist auf eine Sonnendistanz von etwa siebzig Astronomischen Einheiten begrenzt. Das erschwert die Darstellung von extrem weit entfernten Objekten wie Sedna. Die aktuelle Ansicht können Sie als Diagramm ausdrucken oder als Bild im BMP- oder PNG-Format speichern.

Planet's Orbits bringt umfassendes Datenmaterial mit, das die Positionsberechnung von mehr als 10000 Asteroiden, über hundert Kometen und einigen interplanetaren Raumschiffen wie Cassini und Galileo ermöglicht. Diese Daten können Sie in einem eigenen Fenster durchstöbern und nach Namen oder Bahnparametern sortieren. Ein neues Fenster dient dazu, weitere Details über die Bahn eines Objekts anzuzeigen.

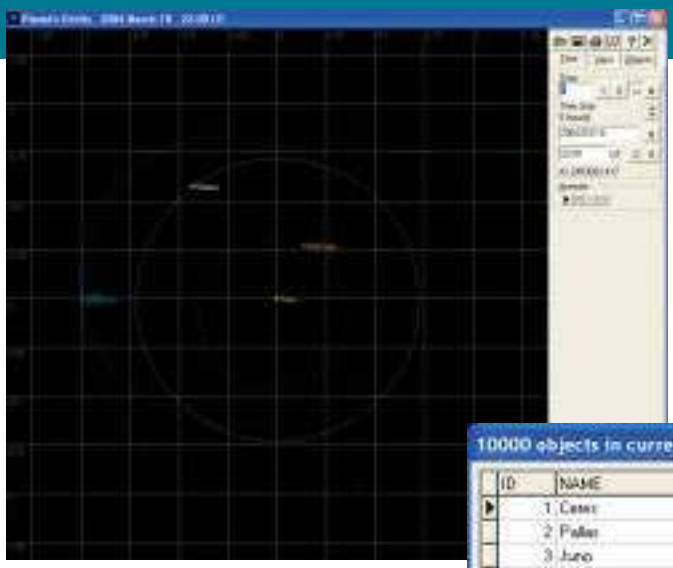
Der Benutzer kann zusätzliche Objekte ins Programm importieren – meiner Ansicht nach ist das allerdings recht mühsam. Ich wollte einen einzelnen neuen As-

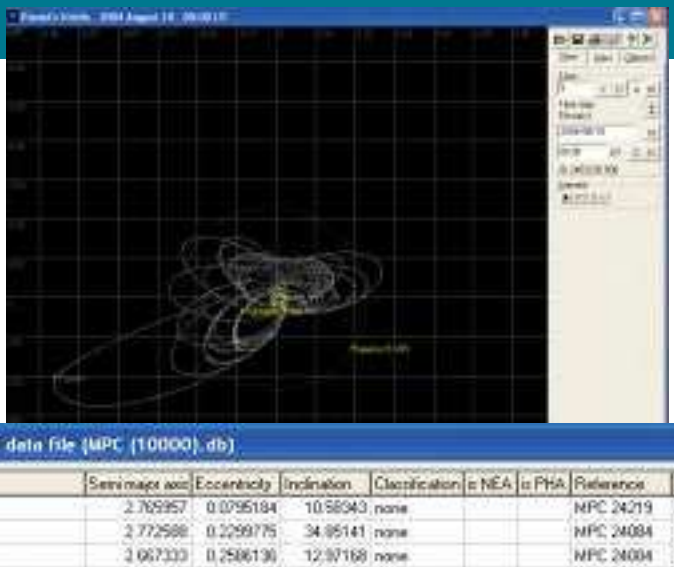
Technische Informationen

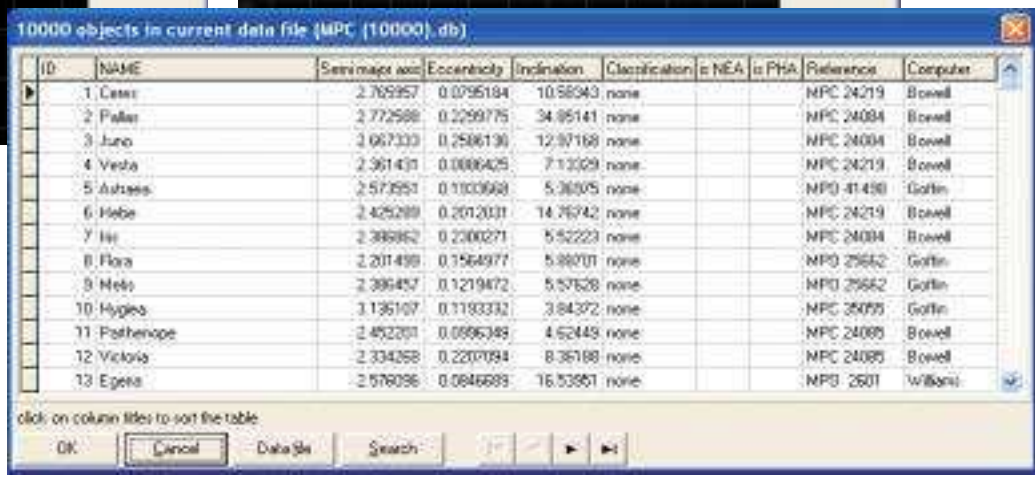
Planet's Orbits 1.7
(aktuell: 1.7.1, nur auf Englisch)
Alcyone Software, Platanenstraße 14, D-16370 Fredersdorf; E-Mail: mail@alcyone.de; www.alcyone.de
Systemvoraussetzungen: 500-MHz-Prozessor, Windows 95 oder höher, 32 MB Hauptspeicher, 20 MB freier Platz auf der Festplatte, Grafikkarte mit 16-Bit-Modus (mindestens 32000 Farben)



Dreidimensional Fünfzig Hauptgürtel-Asteroiden mit ihren Orbits erscheinen in dieser Ansicht unseres Sonnensystems.







In den Datenbanken können Sie die Bahndaten von Asteroiden und Kometen unter die Lupe nehmen (rechts). Außerdem können Sie sich die Bahnen von Raumschiffen und manuell eingefügten Asteroiden anzeigen lassen (beide oben).

teroiden hinzufügen: 2004 FH. Dazu musste ich eine neue Textdatei anlegen, die in einer Zeile die Bahnelemente des Kleinplaneten enthielt. Dann folgte ein umständlicher Datenimport, wobei ich dem Programm genau mitteilen musste, an welcher Position in der Zeile es die jeweilige Angabe fände. Es wäre weitaus einfacher, die Werte in einem zusätzlichen Fenster direkt ins Programm einzutragen, was Planet's Orbits jedoch nicht vorsieht.

Die Importfunktion erweist sich als hilfreicher, wenn Sie mehrere neue Objekte hinzufügen möchten. Die Bahnelemente dafür berechnen Webdienste wie der Minor Planet & Comet Ephemeris Service auf www.cfa.harvard.edu/iau/MPEph/MPEph.html. Hier erhalten Sie für eine Liste von Objekten die Bahndaten in einer Datei, deren Format Sie selbst vorgeben können. Das ist leichter, als die Bahnelemente von Hand aufzulisten.

Schlicht und erschwinglich

Die grafische Darstellung des Programms ist sehr schlicht: Die Objekte erscheinen als einfarbige Punkte auf schwarzem Hintergrund, ihre Farben lassen sich jedoch einfach anpassen. Die Animationsfunktion veranschaulicht Bewegungsabläufe in Zeitschritten von Minutenbruchteilen bis hin zu vielen Jahren. Den Planetenbahnen liegt die DE404-Ephemeride des Jet Propulsion Laboratory (JPL) zu Grunde, die von 2000 v. Chr. bis 6000 n. Chr. Positionen präzise berechnen kann. Bei Asteroiden ist dies wegen größerer Bahnungenauigkeiten nur für den Zeitraum zwischen 1950 und 2050 möglich.

Die Animationen werden allerdings nicht flüssig dargestellt. Objekte, die sich von einem Zeitschritt zum nächsten nicht wesentlich bewegen, scheinen zu blinken. Das liegt daran, dass das Programm in jedem Zeitschritt die alten Positionen löscht und sie am neuen Ort wieder einzeichnet – auch wenn beide identisch sind. Das war sogar auf dem relativ neuen Computer, den ich benutzt habe, der Fall (2,6-Gigahertz-Prozessor mit 512 Megabyte RAM, Windows XP Home).

Ein weiteres Manko ist die knappe Dokumentation. Es gibt weder eine Anleitung noch ein Hilfe-Menü, um Funktionen und Anwendungen zu erklären. Einzig ein Abschnitt mit »häufig gestellten Fragen« (frequently asked questions, FAQ) auf der Webseite von Alcyone Software beschreibt ein paar der komplexeren Funktionen, beispielsweise das Importieren von Bahnelement-Dateien. Planet's Orbits hat zwar nur einen begrenzten Funktionsumfang, der das Fehlen einer Dokumentation verschmerzen lässt, aber es gab Momente, wo ich sie mir dennoch gewünscht habe.

Da so manches Desktop-Planetarium ein Modell des Planetensystems enthält, mag dieses Programm überflüssig erscheinen. Allerdings hebt sich Planet's Orbits mit einigen speziellen Funktionen von anderer Astronomiesoftware ab. Darunter fallen der Import einer großen Anzahl von Objekten und die Anzeige verschiedener Bahnattribute. Für diejenigen, die solche Funktionen nutzen, ist es eine lohnende und erschwingliche Anschaffung. <<

Der S&T-Redakteur **Jeff Foust** veröffentlicht Weltraumnachrichten auf www.spacetoday.net, Kommentare auf www.thespacereview.com und ein Weblog für Politik auf www.spacepolitics.com.

Unsere Bewertung

Was uns gut gefiel:

- umfasst eine große Zahl von Objekten des Sonnensystems, inklusive Raumschiffen
- relativ einfach und übersichtlich zu benutzen
- präzise und leistungsfähig

Was uns nicht so gut gefiel:

- kaum Dokumentation
- Einfügen neuer Objekte umständlich
- Benutzeroberfläche nicht standardkonform
- flackernde Animationen

TV-PROGRAMM

Donnerstag, 16. Juni

Wunderbare Welt Mondsüchtig

Am 20. Juli 1969 macht Neil Armstrong seinen berühmten großen Schritt für die Menschheit. Und die Bilder vom ersten Menschen auf dem Mond gehen um die Welt. Doch bis heute zweifeln einige an ihrer Echtheit. Zum Beispiel zeigen zwei Fotos denselben Ort: einmal mit und einmal ohne Landefähre. Alles nur gespielt? Mit Originalaufnahmen und nachgestellten Szenen geht die Dokumentation dieser Verschwörungstheorie nach

ZDF Doku, 18.00 Uhr

Raumtraum – Der Tourismus erobert den Weltraum

Dokumentation, Deutschland 2005

Bislang konnten sich nur zwei Touristen einen Ausflug auf die internationale Raumstation leisten: Der US-Millionär Dennis Tito und der Südafrikaner Mark Shuttleworth bezahlten jeweils 20 Millionen Dollar für ihre Reise ins All. Damit Touristen günstiger ins Weltall kommen, wurde der mit zehn Millionen Dollar dotierte X-Prize ausgeschrieben. Weltweit haben Firmen daraufhin begonnen, wieder verwendbare Raumschiffe (Foto) zu entwickeln. Bereits heute preisen etliche Reiseagenturen im Internet Spacetrips an. Bisher finden Weltraumabenteuer-Urlaube auf der Erde statt: mit Astronautentraining und Parabelflug oder einer Tour im Kampfjet

ARTE, 18.15 Uhr

RB.TV

Samstag, 18. Juni

Doku: Gefahr aus dem All – Einschlag in Manhattan

Sollte die Erde von einem Meteoriten getroffen werden oder mit einem Asteroiden kollidieren, gäbe es kein Entrinnen

N24, 2.05 Uhr und 13.15 Uhr
Wdh. am 19.6. um 1.05 Uhr

360° – Die Geo-Reportage Schätze aus dem All

Sie sehen aus wie ganz gewöhnliche Steine – dennoch sind sie für manche Menschen kostbarer als Gold. Stundenlang durchforsten Sammler die Wüste Arizonas auf der Suche nach Meteoriten, die die Reise von Mond oder Mars zur Erde überstanden haben

ARTE, 21.35 Uhr
Wdh. am 19.6. um 14.55 Uhr

Sonntag, 19. Juni

Faktor X – die Wissenschaft des Übernatürlichen Auf der Suche nach ET

Sind wir die einzigen Lebewesen im Universum? Diese Frage beschäftigt den Menschen, seit er zum ersten Mal in den Himmel blickte. Auch Astronomen sind auf der Suche nach extraterrestrischem Leben: Wissenschaftler der Nasa wollen mit Raumsonden das Eis der Jupitermonde untersuchen und lauschen mit riesigen Mikrofonen nach Lebenszeichen aus dem Weltraum

XXP, 20.15 Uhr

Mittwoch, 22. Juni

Explorations (1) – Der Weltraum

Die erste Folge einer sechsteiligen Serie über die Erforschung unseres Planeten und den Versuch, die Grenzen der Erkenntnis zu überwinden. Die Geschichte der Weltraumfahrt – von der ersten Mondlandung bis zur Suche nach Lebensspuren auf dem Mars – zeigt, dass der Mensch auch heute noch einen unbändigen Drang nach neuen Herausforderungen hat und seine Neugier ungebremst ist

XXP, 22.15 Uhr

Freitag, 24. Juni

N24 / EVERGREEN FILMS

Stationen der Raumfahrt – Der Mensch auf dem Weg ins All

Die Internationale Raumstation (ISS) ist das größte zivile und länderübergreifende Kooperationsprojekt aller Zeiten. Diese Dokumentation zeigt die Geschichte des Menschheitstraums von einer dauerhaften multinationalen Präsenz im Weltraum

N24, 21.40 Uhr
Wdh. am 25.6. um 1.05 Uhr

Sonntag, 31. Juli

hitec – Das neue Maß der Dinge

Das Zusammenspiel der Kräfte im Kosmos bestimmt, wie lang ein Tag auf der Erde ist oder wie viel ein Liter Wasser wiegt. Der Mensch hat sich feste Maßeinheiten für Zeit und Raum geschaffen – doch nichts hält ewig: Die Hüter des Pariser Urkilogramms stellten beim Vergleich des 1879 gegossenen Platin-Iridium-Blocks mit seinen über zwanzig Kopien eine Abweichung um ganze fünfzig Mikrogramm fest

3sat, 16.00 Uhr

Auswahl aus dem Fernsehangebot der kommenden Wochen zu Themen aus Astronomie und Raumfahrt, soweit bei Redaktionsschluss schon bekannt. Kurzfristige Programmänderungen sind möglich.

EVENTS

26.8.: 5. Luzerner Museumsnacht, Schwerpunktthema »Sonne«. Von 17 bis 2 Uhr laden die Astronomische Gesellschaft Luzern und die Vereinigung der Luzerner Museen zu Vorträgen, Beobachtungen und Kinderaktivitäten ein. Info: Beat Bühlmann-Hasler, Sternwarte Hubelmatt, Schulhaus Hubelmatt West, CH-6005 Luzern, Tel.: (Schweiz) +41 3170069, E-Mail: beat.buehlmann@bluewin.ch, Internet: www.agl.astronomie.ch

2.–4.9.: 6. Herzberger Teleskoptreffen, an der Bahnsdorfer Jagdhütte – neunzig Kilometer südlich von Berlin. Fachvorträge und Beobachtungen. Info und Anmeldung: Ralf Hofner, Verein Herzberger Sternfreunde, Zeiss-Kleinplanetarium, Lugstraße 3, D-04916 Herzberg, Tel.: 0174 22837911, Internet: www.herzberger-teleskoptreffen.de

3.9.: Neues über Planetoiden, Kometen und Transneptunobjekte. Vorträge im sächsischen Niedercunnersdorf, dem Geburtsort von Wilhelm Tempel. Zu Ehren des berühmten Astronomen gibt es eine Ausstellung und eine Führung zu seinen Wirkungsstätten. Außerdem wird eine Gedenktafel an seinem Geburtshaus enthüllt. Beginn: 8.30 Uhr in der Wilhelm-Tempel-Schule. Info: Lutz Clausnitzer, An der Siedlung 20, D-02708 Obercunnersdorf, Tel.: 035875 62506, Internet: www.lutz-clausnitzer.de

5.–6.9.: Sonneberger Astronomiekurs für Fortgeschrittene zum Thema »Veränderliche Sterne«. Anleitungen zur selbstständigen Bestimmung des Lichtwechsels von Veränderlichen. Info und Anmeldung (bis Ende Juli): Thomas Weber, Sternwarte Sonneberg, Sternwartenstr. 32, D-96515 Sonneberg, Tel.: 03675 81218, E-Mail: twe@stw.tu-ilmenau.de

Auch Ihre Termine können hier kostenlos stehen! Für die September-Ausgabe schicken Sie bis zum Redaktionsschluss am 13. Juli 2005 eine E-Mail mit allen Infos an: redaktion@astronomie-heute.de

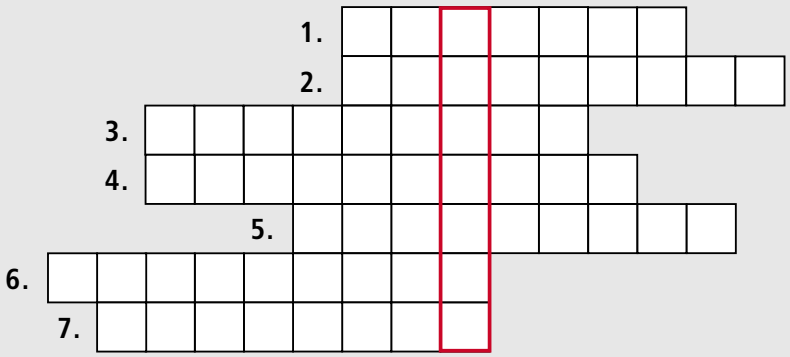
ANZEIGE

ANZEIGE

PREISRÄTSEL

Gewinnen Sie bis Weihnachten ein Teleskop mit ASTRONOMIE HEUTE!

1. Künftige Mars-Mission, die 2008 am Nordpol des Roten Planeten landen soll
2. Bekannter Meteorstrom im August
3. Teil der Montierung eines Dobson-Teleskops
4. Vorphase einer astronomischen Zeichnung
5. Digitale Aufnahme, aus der ein Fotograf Rückschlüsse auf Defekte des Detektors oder der Optik zieht
6. Geräte, die auch als Lagestabilisierungs- oder Steuerungskreisel in Raumfahrzeugen verwendet werden
7. Teil der Deep-Impact-Raumsonde, der am 4. Juli auf dem Kometen Tempel 1 einschlägt



Bitte schicken Sie das rot umrandete Lösungswort per E-Mail an preisraetsel@astronomie-heute.de oder auf einer Postkarte an Spektrum der Wissenschaft, Stichwort ASTRONOMIE HEUTE 7-8/2005, Postfach 10 48 40, D-69038 Heidelberg. **Einsendeschluss ist der 5. 8. 2005.** Teil 1 einer vierteiligen Rätselreihe. Das Lösungswort dieses Teils wird für das Lösen des Superrätsels um den Hauptpreis (»Reise-Dobson«) in der November-Ausgabe benötigt. Unter den jetzigen Einsendern werden weitere Sachpreise gezogen, Beispiele siehe unten). Bei mehreren richtigen Lösungen entscheidet das Los. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen. Auflösung und Gewinner stehen in der Oktober-Ausgabe, im Handel ab Donnerstag, dem 15. September 2005.

Hauptpreis: »Reisedobson« von Hofheim Instruments Spiegelteleskop unter acht Kilogramm Gewicht mit 20-Zentimeter-Newton-Optik, komplett mit Montierung in einer handlichen Transportbox. Von Hofheim Instruments (www.hofheiminstruments.com), Wert: 1000,– €. Wird verlost unter den richtigen Einsendungen des Superrätsels mit den jeweiligen Lösungsworten aus den Rätseln der Ausgaben Juli/August, September, Oktober und November 2005.

Preise dieses Einzelrätsels:

1. Preis: »Das Universum – Faszinierende Entdeckungen im All« von Raman Prinja. Fest gebunden mit Schutzumschlag, Format etwa 27 × 27 Zentimeter, 192 Seiten, Primus-Verlag, 29,90 €.

2.–3. Preis: »Wissen neu erleben – Astronomie« von Mark A. Garlick. Fest gebunden mit Schutzumschlag, 304 Seiten, BLV-Verlag, 24,90 €.

4.–5. Preis: je zwei Eintrittskarten für das Cybernarium, Darmstadt. Neueste Technologien, faszinierende Wissenschaft interaktiv erleben (www.cybernarium.de), 24,– €.

ANZEIGE

ANZEIGE

ANZEIGE

Private Kleinanzeigen mit bis zu fünf Zeilen
für Abonnenten von ASTRONOMIE HEUTE kostenlos!

Für Nichtabonnenten gelten folgende Preise für Kleinanzeigen:

Anzahl Zeilen	privat	gewerblich
bis zu drei Zeilen	22,– €	32,– €
jede weitere Zeile	5,– €	5,50 €

ASTRONOMIE HEUTE-Abonnenten können private Kleinanzeigen mit bis zu fünf Zeilen pro Ausgabe kostenlos schalten. Jede weitere Zeile kostet für Abonnenten 5,– €. Geben Sie bitte bei Einsendung von Kleinanzeigen stets Ihre Kundennummer an. Diese entnehmen Sie Ihrer Abonnementrechnung oder dem Adressträgerblatt. Bitte beachten Sie: Ist der verfügbare Platz in einer Ausgabe vergeben, behält sich die Redaktion das Recht vor, später eintreffende Anzeigen in die nächstverfügbare Ausgabe zu verschieben. Eine Zeile enthält durchschnittlich vierzig Zeichen. Alle Preise zuzüglich gesetzlicher Mehrwertsteuer. Die Grundgebühr pro Anzeige ist bereits eingerechnet. Gleichzeitig erhalten Sie einen Eintrag in unserer Online-Kleinanzeigendatenbank für die Verkaufsdauer der jeweiligen Print-Ausgabe.

Bitte senden Sie Ihre Kleinanzeige an: Spektrum der Wissenschaft,
Redaktion ASTRONOMIE HEUTE, Slevogtstr. 3–5,
D-69126 Heidelberg, Fax: 06221 9126-769, E-Mail:
kleinanzeigen@astronomie-heute.de

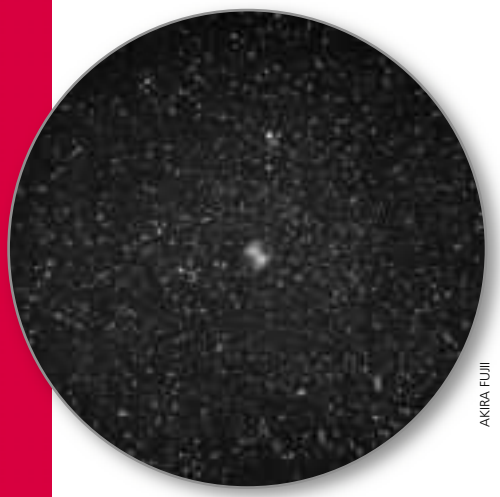
Der Einsendeschluss ist sechs Wochen vor Erscheinen des Hefts.

VORSCHAU

A. IKESHITA, ISAS, JAXA

Noch einmal mit Gefühl

Auch wenn viele eine Kamikazeaktion erwartet hatten, die japanische Raumsonde Hayabusa (»Falke«) dockt weich am Asteroiden 1998 SF36 an und bringt Proben zur Erde



AKIRA FUJII

Farfalle im All?

Wie eine Schleifchennudel sieht der Hantelnebel M 27 aus

Das richtige Okular für Sie

Wenn Sie mit einem Teleskop beobachten wollen, brauchen Sie Okulare. Wir sagen Ihnen, welches die richtigen für Sie sind

NIGHT SKY, C.M. UTTER

ARCHIV KIPPENHAHN

Mein Jules Verne

Der Visionär hat mit utopischen Romanen Generationen geprägt. Eine Hommage von Rudolf Kippenhahn

IMPRESSUM

Chefredakteur: Dr. habil. Reinhard Breuer (v.i.S.d.P.)
Redaktion: Dr. Oliver Dreissigacker, Stephan Fichtner, Dr. Frank Schubert, Dr. Joachim Schüring
Artdirector/Layout: Karsten Kramarczik
Layout: Marc Grove
Verlagsleiter: Dr. Carsten Könneker
Schlussredaktion: Christina Peiberg (kom. Ltg.), Sigrid Spies, Katharina Werle
Bildredaktion: Alice Krüßmann (Ltg.), Anke Lingg, Gabriela Rabe
Redaktionsassistenz: Eva Kahlmann, Ursula Wessels
Redaktionsanschrift: Postfach 104840, D-69038 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-711, Fax: 06221 9126-729
Verlag: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Slevogtstraße 3–5, D-69126 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-600, Fax: 06221 9126-751, Amtsgericht Heidelberg, HRB 2766
E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de
Mitarbeit in diesem Heft: Clemens Bayer, Dr. Thorsten Dambeck, Stephanie Hügler, Corinna Karow, Carolin Konermann, Stephen Koszudowski, Dagny Lüdemann, Dr. Monika Maintz, Peter Strub, Uli Zehndbauer
Herstellung: Natalie Schäfer, Tel.: 06221 9126-733
Einzelverkauf: Anke Walter (Ltg.), Tel.: 06221 9126-744
Marketing: Annette Baumbusch (Ltg.), Tel.: 06221 9126-741, E-Mail: marketing@spektrum.com
Geschäftsleitung: Markus Bossle, Thomas Bleck
Leser-Service: Tel.: 06221 9126-743, E-Mail: marketing@spektrum.com
Vertrieb und Abonnementverwaltung: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, c/o Zenit Pressevertrieb GmbH, Julius-Hölder-Straße 47, D-70597 Stuttgart-Degerloch, Vertretungsberechtigter: Uwe Bronn
Bezugspreise: Einzelheft: € 6,50, Jahresabonnement Inland (10 Ausgaben): € 56,–, Jahresabonnement Ausland: € 61,–, Jahresabonnement ermäßigt Inland (gegen Schüler- oder Studentennachweis): € 50,–, Jahresabonnement ermäßigt Ausland (gegen Schüler- oder Studentennachweis): € 55,–. Zahlung sofort nach Rechnungserhalt. Konto: 22 706 708, Postbank Stuttgart (BLZ 600 100 70). Die Mitglieder der Vereinigung der Sternfreunde e. V. (VdS) erhalten ASTRONOMIE HEUTE zum gesonderten Mitgliedsbezugspreis.
Anzeigen/Druckunterlagen: VMS Limperg Verlags- & MedienService, Sudetenstraße 16, D-63486 Bruchköbel, Tel.: 06181 729-04, Fax: 06181 729-84, E-Mail: f.limperg@limperg.de
Anzeigenpreise: Zurzeit gilt die Preisliste vom Januar 2005.
Gesamtherstellung: Westermann Druck GmbH, D-38104 Braunschweig

Sämtliche Nutzungsrechte an dem vorliegenden Werk liegen bei der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. Jegliche Nutzung des Werks, insbesondere die Vervielfältigung, Verbreitung, öffentliche Wiedergabe oder öffentliche Zugänglichmachung, ist ohne die vorherige schriftliche Einwilligung der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH unzulässig. Jegliche unautorisierte Nutzung des Werks berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Bei jeder autorisierten (oder gesetzlich gestatteten) Nutzung des Werks ist die folgende Quellenangabe an branchenüblicher Stelle vorzunehmen: © 2005 (Autor), Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg. Jegliche Nutzung ohne die Quellenangabe in der vorstehenden Form berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Bücher übernimmt die Redaktion keine Haftung; sie behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.

ISSN 1610-8728
www.astronomie-heute.de

Sky & Telescope, Sky Publishing Corporation,
49 Bay State Road, Cambridge, MA 02138-1200, USA
President/Publisher: Susan B. Lit
Editor in Chief: Richard Tresch Fienberg, Ph.D.
Marketing Director: Marcy L. Dill

Die Übersichts- und Ausschnittssternkarten von ASTRONOMIE HEUTE wurden mit Software und Designelementen von Roger W. Sinnott und Steven Simpson erstellt.

Wir übernehmen keine Haftung für die Inhalte externer Webseiten. Für den Inhalt der angegebenen Seiten sind ausschließlich deren Betreiber verantwortlich.